

LAPORAN
PENELITIAN TERAPAN DAN PENGEMBANGAN
GLOBAL/INTERNASIONAL



POTENSI LALAT *Hermetia illucens* SEBAGAI SUMBER PROTEIN
DAN ENZIM BAGI BIOINDUSTRI

TIM PENELITIAN :

Ketua :

Nama Lengkap : Dr. Yani Suryani, S.Pd., M.Si
(ID : 2201805720210137)

Anggota :

Nama Lengkap : Dr. Ida Kinasih, M.Si
(ID: 201804760210117)

Nama Lengkap : Epa Paujiah, M.Si
(ID: 2202408880208477)

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN GUNUNG DJATI BANDUNG

2018

LAPORAN HASIL PENELITIAN

1. a. Judul Penelitian : Potensi Lalat *Hermetia illucens* sebagai Sumber Protein dan Enzim bagi Bioindustri
b. Kode>Nama Rumpun Ilmu : Penelitian Terapan dan Pengembangan Global/Internasional
2. Ketua Peneliti
 - a. Nama Lengkap dan Gelar : Dr. Yani Suryani, S.Pd., M.Si
 - b. NIP/NIDN : 197205181998012001
 - c. Jabatan Fungsional : Dosen
 - d. Fakultas/Jurusan : Sains dan Teknologi/Biologi
 - e. No HP/Email : 08156239411 / yani.suryani@uinsgd.ac.id
3. Susunan Peneliti
 - Anggota 1
 - a. Nama Lengkap dan Gelar : Dr. Ida Kinasih M.Si.
 - b. NIP/NIDN : 197604182011012004
 - c. Jabatan Fungsional : Dosen
 - d. Fakultas/Jurusan : Sains dan Teknologi/Biologi
 - e. No. HP/Email : 081320600948 / idakinasih@uinsgd.ac.id
 - Anggota 2
 - a. Nama Lengkap dan Gelar : Epa Paujiah, M.Si.
 - b. NIP/NIDN : 198808242015032005
 - c. Jabatan Fungsional : Dosen
 - d. Fakultas/Jurusan : Fakultas Tarbiyah dan Keguruan/Pendidikan Biologi
 - e. No. HP/Email :
4. Lokasi Penelitian : Laboratorium Terpadu UIN SGD Bandung

Menyetujui,
Dekan Fakultas/Ketua LPM/ Ketua Pusat Studi

Bandung, 2 Januari 2019
Peneliti,

Dr.H.Opik Taupik Kurahman
NIP. 196812141996031001

Dr. Yani Suryani, S.Pd., M.Si
NIP. 197205181998012001

Mengetahui,
Ketua LP2M

Dr. Munir, M.Ag
NIP. 196508021996031002

Kata Pengantar

Assalamu'alaikum Wr. Wb

Indonesia masih memiliki permasalahan sampah di Indonesia masih belum dapat terselesaikan dengan baik sampai saat ini. Penyumbang terbesar sampah di Indonesia berupa sampah organik dimana dari seluruh sampah yang dihasilkan kurang lebih 60% merupakan sampah organik. Untuk itu perlu dikaji tentang alternatif manajemen sampah ini. Salah satu yang berpotensi sebagai agen konversi sampah organik adalah serangga.

Selain itu juga serangga akhir-akhir ini dikenal sebagai kandidat sumber protein yang tinggi, sumber enzim, bahkan sumber kitin. Di Indonesia, yang memiliki industri peternakan yang cukup besar, dirasa perlu untuk mencari alternatif sumber protein sebagai pakan ternak. Sumber protein yang sekiranya masih jarang digunakan adalah serangga.

Penelitian ini masih merupakan penelitian dasar tentang formulasi pakan ternak, terutama ayam broiler dan ikan. Walaupun masih ada keterbatasan hasil penelitian, harapan dari hasil penelitian ini agar dapat dikembangkan lebih lanjut supaya dapat melihat potensi serangga, yaitu lalat *Hermetia illucens* sebagai salah satu sumber genetik Indonesia untuk pengembangan industri pangan.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Bandung, 2 Januari 2019

Peneliti

Abstrak

Limbah organik merupakan salah satu hasil dari kegiatan ekonomi manusia yang memiliki proporsi terbesar di antara limbah lainnya. Tidak seperti limbah anorganik, proses daur ulang pada limbah ini hampir dapat dikatakan tidak dapat dilakukan. Upaya yang umum dilakukan saat ini adalah mengolah limbah ini menjadi kompos dan makanan ternak. Akan tetapi, proses ini tergantung pada proses termodinamika yang lambat pada proses pembuatan kompos atau menemukan peternak yang memiliki hewan dengan kemampuan mengkonsumsi limbah tersebut. Salah satu pendekatan lain yang dapat digunakan adalah mengolah limbah ini melalui proses biokonversi dimana limbah ini dirubah menjadi biomasa dan residu organik oleh makhluk hidup, seperti serangga. Kelebihan dari metoda ini adalah relatif mudah dilakukan oleh pemula, tidak membutuhkan masukan energi tinggi, dan biomasa serangga yang dihasilkan mengandung karbohidrat, protein, dan asam lemak dengan nilai ekonomi tinggi dan dapat digunakan sebagai bahan baku pada sistem bioindustri.

Pada penelitian ini akan memanfaatkan lalat tentara hitam (*Hermetia illucens*) sebagai agen biokonversi limbah organik untuk menghasilkan biomasa bakal pengganti sumber protein dan enzim pada pakan ternak yang selama ini masih mengandalkan tepung ikan dari tangkapan alami. Pemanfaatan larva ini akan mengurangi tekanan pada lingkungan sebab peningkatan penduduk berarti terjadi peningkatan kebutuhan akan pakan ternak. Penelitian ini sendiri merupakan lanjutan dari beberapa hasil penelitian sebelumnya, oleh tim peneliti, mengenai kemampuan biokonversi dari larva ini. Penelitian sebelumnya masih terfokus pada penggunaan satu jenis limbah organik, sesuatu yang relatif jarang ditemukan di Indonesia. Penelitian yang dilakukan oleh beberapa tim peneliti lain telah menunjukkan bahwa kombinasi dari beberapa limbah tertentu dapat menghasilkan larva dengan spesifikasi tertentu. Penelitian terkini menunjukkan bahwa kecepatan pertumbuhan, biomasa panen yang diperoleh, kekayaan mikroorganisme dalam tubuh, dan kandungan senyawa pada tubuh larva sangat ditentukan oleh komposisi pakan yang diberikan saat masa pemeliharaan. Hal-hal tersebut juga merupakan faktor penting dalam pengembangan larva ini dalam level industri. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kandungan nutrisi yang terdapat pada pakan yang diberikan ke larva *H. illucens* ternyata dapat mempengaruhi tingkat kelulushidupan, waktu perkembangan, bobot tubuh, rasio jantan dan betina, serta kandungan nutrisi pada larva dan prepupa. Kandungan protein kasar dan lemak kasar juga ditemukan pada pakan dengan kandungan protein yang lebih tinggi. Dari hasil ini menunjukkan potensi kandungan asam lemak dan asam protein dapat diduga lebih tinggi pada *H. illucens* yang diberi pakan dengan kandungan protein dan lemak yang tinggi.

Kata kunci: pertumbuhan, sampah organik, *H. illucens*, kandungan protein

Daftar Isi

Kata Pengantar	ii
Abstrak	iii
Daftar Isi	iv
Daftar Gambar	vi
Daftar Tabel	vii
I. PENDAHULUAN	1
II. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN	5
2.1 Tujuan	5
2.2 Manfaat	5
2.3 Aplikatif	5
III. TINJAUAN PUSTAKA	7
3.1 Biologi Lalat Tentara Hitam (<i>Hermetia illucens</i>)	9
3.2 Biokonversi	12
3.3 Potensi <i>H. illucens</i> sebagai pakan ternak	14
BAB 4. METODE PENELITIAN	16
4.1 Lokasi Penelitian	16
4.2 Alat dan Bahan	16
BAB 5 HASIL DAN PEMBAHASAN	21
5.1 Perkembangan lalat <i>H. illucens</i> pada variasi pakan dengan kandungan protein dan karbohidrat yang tinggi	21
5.2 Bobot <i>H. illucens</i> pada variasi pakan dengan kandungan protein dan karbohidrat yang tinggi	23

5.3 Efek kandungan nutrisi yang kaya protein terhadap rasio jantan dan betina dewasa <i>H. illucens</i>	24
5.4 Perkembangan lalat <i>H. illucens</i> pada variasi pakan dengan kandungan serat tinggi	24
5.5 Bobot <i>H. illucens</i> pada variasi pakan dengan kandungan serat tinggi	25
5.6 Efek kandungan nutrisi yang kaya serat terhadap rasio jantan dan betina dewasa <i>H. illucens</i>	26
5.7 Kandungan nutrisi dari larva dan prepupa <i>H. illucens</i>	27
BAB 6. KESIMPULAN.....	30
DAFTAR PUSTAKA	31
Lampiran 1. Kegiatan Penelitian	
Lampiran 2 <i>Log Book</i> Penelitian	
Lampiran 3. Sertifikat HKI	
Lampiran 4. Surat submit jurnal ke Prosiding Internasional	

Daftar Gambar

Gambar 1.1 Kerangka konseptual pemikiran	4
Gambar 3.1 Siklus hidup <i>Hermetia illucens</i>	7
Gambar 3.2 Kandungan nutrisi dari larva yang diberikan pada beberapa jenis limbah organik	8
Gambar 3.3 Lalat tentara hitam (<i>H. illucens</i>) tahap dewasa	9
Gambar 3.4 Lama siklus hidup <i>H. illucens</i>	10
Gambar 3.5 <i>H. illucens</i> tahap larva hingga pupa	11
Gambar 4.1 <i>H. illucens</i> yang digunakan pada saat penelitian. (a) telur; (b) larva; (c) prepupa; (d) pupa; (e) imago	17
Gambar 4.2. Media yang digunakan dalam penelitian, yaitu pakan ayam (a), ampas tahu (b), limbah buah-buahan (c), dan limbah sayuran (d)	18
Gambar 4.3. Pengukuran Morfometri Pradewasa (Larva-Pupa) <i>H. illucens</i> (A: Panjang tubuh yang diukur; B: lebar tubuh yang diukur)	19
Gambar 4.4. Jantan (a) dan betina (b) dari <i>H. illucens</i>	20
Gambar 4.5 Kandang untuk perkawinan (a) dan imago dari <i>H. illucens</i>	20
Gambar 5.1 Waktu perkembangan <i>H. illucens</i> pada beberapa variasi pakan. Panah warna merah menunjukkan waktu pergantian jenis media pakan.....	22
Gambar 5.2 Persentase rasio jantan dan betina dewasa pada variasi pakan yang berbeda. A: pakan ayam; B: ampas tahu; C: limbah buah-buahan; D: ampas tahu – limbah buah-buahan; E: limbah buah-buahan – ampas tahu	24
Gambar 5.3 Proporsi individu <i>H. illucens</i> pada media pakan yang berbeda...	25
Gambar 5.4 Persentase jantan dan betina <i>H. illucens</i> pada beberapa media dengan serat tinggi	27

Daftar Tabel

Tabel 4.1. Analisis Proksimat Media Pertumbuhan <i>H. illucens</i>	19
Tabel 5.1 Bobot larva <i>H. illucens</i> pada media yang kaya protein dan kaya karbohidrat	23
Tabel 5.2 Berat larva <i>H. illucens</i> pada setiap pengamatan pada media yang berbeda	26
Tabel 5.3 Hasil proksimat pada larva <i>H. illucens</i> pada media pakan yang berbeda	28
Tabel 5.4 Hasil proksimat pada prepupa <i>H. illucens</i> pada media pakan yang berbeda	29

I. PENDAHULUAN

Masalah utama yang dihadapi dalam menangani sampah tersebut pada negara berkembang, seperti Indonesia, adalah proses pengumpulan dan pengolahan yang seringkali hanya mencakup 50-70% dari total penduduk daerah pemukiman. Penampungan sampah umumnya bersifat terbuka sehingga memungkinkan penyebaran penyakit dan senyawa kimia pada lingkungan. Padahal dalam konteks Islam, Manusia ditugaskan Allah menjadi Khalifah di Bumi (Q.S Al-Baqarah: 30).

وَإِذْ قَالَ رَبُّكَ لِلْمَلَائِكَةِ إِنِّي جَاعِلٌ فِي الْأَرْضِ خَلِيفَةً ۖ قَالُوا أَتَجْعَلُ فِيهَا
مَنْ يُفْسِدُ فِيهَا وَيَسْفِكُ الدِّمَاءَ وَنَحْنُ نُسَبِّحُ بِحَمْدِكَ وَنُقَدِّسُ لَكَ ۗ قَالَ إِنِّي
أَعْلَمُ مَا لَا تَعْلَمُونَ

Ingatlah ketika Tuhanmu berfirman kepada para Malaikat: "Sesungguhnya Aku hendak menjadikan seorang khalifah di muka bumi". Mereka berkata: "Mengapa Engkau hendak menjadikan (khalifah) di bumi itu orang yang akan membuat kerusakan padanya dan menumpahkan darah, padahal kami senantiasa bertasbih dengan memuji Engkau dan mensucikan Engkau?" Tuhan berfirman: "Sesungguhnya Aku mengetahui apa yang tidak kamu ketahui"

(Q.S. Al-Baqarah: 30).

Kekhalifahan mempunyai tiga unsur yang terkait meliputi manusia, alam raya dan hubungan antara manusia dengan lingkungannya baik biotik maupun abiotik (Shihab, 2016). Komponen fundamental pengetahuan orang Islam tentang Tuhan adalah pengetahuan tentang alam semesta beserta isinya sebagai salah satu efek tindak kreatif illahi. Pengetahuan tentang hubungan antara Tuhan dan dunia, antara Pencipta dan ciptaan, atau antara prinsip Illahi dengan manifestasi kosmik, merupakan basis paling mendasar dari kesatuan antara sains diantaranya biologi dengan pengetahuan spiritual. Oleh karena itu, konsep dan gagasan kunci yang terkandung dalam pengetahuan tersebut perlu merujuk kepada Al-Qur'an dan Hadist (Bakar, 1991).

Begitu pula dengan pengetahuan manusia yang berkaitan dengan permasalahan lingkungan, misalnya dengan sampah. Metoda yang umum dikembangkan dalam mengatasi permasalahan sampah organik adalah pembuatan kompos, akan tetapi pasar bagi produk yang

dihasilkan dari proses *composting* terbatas dan seringkali kebutuhan total terlalu kecil secara ekonomis. Untuk itu perlu ada alternatif lain yang dapat dilakukan untuk mengelola sampah organik yaitu dengan menggunakan pendekatan biokonversi. Biokonversi, atau juga dikenal dengan istilah biotransformasi, merupakan suatu proses menggunakan organisme hidup, umumnya mikroorganisme, untuk melakukan suatu proses kimia yang bila dilakukan menggunakan metoda non biologis membutuhkan biaya atau energi sangat besar bahkan tidak dapat dilakukan. Beberapa jenis organisme yang tadinya dianggap tidak berperan bagi manusia, ternyata dapat digunakan sebagai agen biokonversi. Semua diciptakan Tuhan untuk suatu tujuan sebagaimana dinyatakan dalam Q.S. Shaad ayat 27, dimana Allah Subhaanahu wa Ta'aala memberitahukan tentang sempurnanya hikmah (kebijaksanaan)-Nya dalam menciptakan langit dan bumi termasuk isinya, dan bahwa Dia tidaklah menciptakan keduanya sia-sia (tanpa hikmah, faedah dan maslahat).

وَمَا خَلَقْنَا السَّمَاءَ وَالْأَرْضَ وَمَا بَيْنَهُمَا بَاطِلًا ۚ ذَٰلِكَ ظَنُّ الَّذِينَ كَفَرُوا
فَوَيْلٌ لِلَّذِينَ كَفَرُوا مِنَ النَّارِ

Dan Kami tidak menciptakan langit dan bumi dan apa yang ada antara keduanya tanpa hikmah. Yang demikian itu adalah anggapan orang-orang kafir, maka celakalah orang-orang kafir itu karena mereka akan masuk neraka (Q.S. Shaad:27).

Salah satu agen konversi yang masih belum banyak dimanfaatkan dan sangat berpotensi adalah *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae) atau Lalat tentara hitam (*Black Soldier Fly*). *Hermetia illucens* merupakan organisme serangga penting di alam terutama terkait perannya sebagai serangga dekomposer berbagai sampah organik (Zhang dkk., 2010). *H. illucens* mampu mereduksi akumulasi sampah organik hingga 50% dalam waktu singkat sehingga mampu mengurangi polusi lingkungan secara optimal (Myers dkk., 2008), memiliki kemampuan untuk mengonsumsi berbagai jenis limbah organik seperti kotoran hewan, kotoran manusia, daging busuk dan segar, buah-buahan, sayuran, limbah restoran, limbah dapur, dan limbah berselulosa tinggi (Nguyen, 2010; Sheppard dkk, 2002; Tomberlin dkk, 2002). Saat ini *H. illucens* banyak dimanfaatkan dalam bidang bioindustri melalui biokonversi berbagai limbah organik menjadi produk biomassa prepupa untuk dijadikan sumber pakan ternak tinggi protein (Diener dkk., 2009) dan tinggi lemak untuk sumber bahan baku energi alternatif terbarukan (Li dkk., 2012). Larva *H. illucens* dapat mengonsumsi

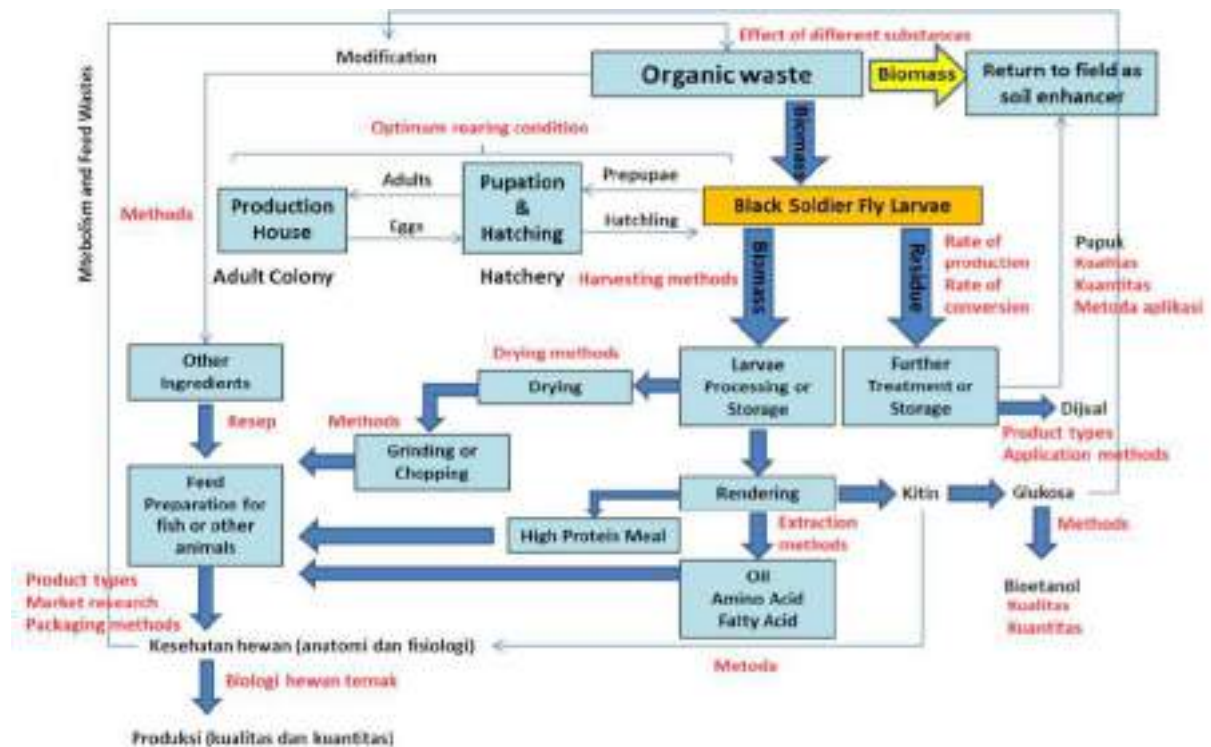
materi organik sebanyak 25 mg – 500 mg per larva per hari tergantung pada ukuran larva, tipe substrat yang tersedia dan kondisi lingkungan (seperti suhu, kelembaban dan suplai udara) (Makkar dkk., 2014).

Proses biokonversi sampah organik dapat terjadi karena larva *H. illucens* diketahui memiliki enzim pada kelenjar saliva dan ususnya, yaitu *leucine arylamidase*, *α -galactosidase*, *β -galactosidase*, *α -mannosidase*, dan *α -fucosidase*. *α -galactosidase* yang merupakan enzim yang dapat menghidrolisis gula kompleks (oligosakarida), *β -galactosidase* yang menguraikan laktosa menjadi galaktosa dan glukosa. Larva *H. illucens* juga memiliki enzim protease, amilase, dan lipase. Protease berfungsi mengubah protein menjadi asam amino, amilase mengubah pati menjadi maltosa, dan lipase mengubah lemak menjadi asam lemak dan gliserol. (Kim, dkk., 2011). Larva *H. illucens* diketahui mengandung mikroba *Bacillus subtilis* pada kulit dan ususnya (Yu dkk., 2011). *Bacillus subtilis* adalah bakteri yang menghasilkan enzim α -amilase, yang mampu menghidrolisis ikatan α -1,4-glikosidik pada polisakarida (pati) menjadi molekul yang lebih kecil, bahkan hingga mengubah pati menjadi gula sederhana (Demirkan, 2001; Akcan, 2011). *Bacillus subtilis* juga menghasilkan enzim protease, yang mengkatalisis pemutusan ikatan peptida pada protein (Duman dan Lowe, 2010). Selain protease, *B. subtilis* menghasilkan enzim lipase yang berfungsi menguraikan lemak menjadi asam lemak dan gliserol (Pouderoyen dkk., 2001; Ma dkk., 2006; Singh dkk., 2010). *Bacillus subtilis* juga diketahui menghasilkan enzim selulosa (Shaheb dkk., 2010; Yin dkk., 2010). Produksi enzim selulosa telah dilakukan dari *B. subtilis* yang diisolasi dari kotoran sapi (Bai dkk., 2012). Jenis enzim selulosa dalam bakteri *B. subtilis* adalah Carboxymethyl cellulase (CMCase), β -glucosidase, Avicelase, dan xylanase (Kim dkk., 2012).

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa kandungan nutrisi lemak dan kadar abu sangatlah bervariasi, tergantung jenis media yang diberikan (Sprangers dkk., 2017; Newton dkk., 2005). Selama ini pemeliharaan *H. illucens* umumnya dengan menggunakan satu jenis media atau beberapa jenis media yang dicampurkan terlebih dahulu. Penelitian yang dilakukan oleh Jucker dkk. (2017), menunjukkan komposisi media campuran antara buah dan sayuran menunjukkan kandungan protein yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan media yang hanya terdiri dari satu jenis.

Berdasarkan hal di atas, maka penelitian yang akan dilaksanakan bertujuan untuk menguji kemampuan dari larva lalat tentara hitam untuk mengkonversi limbah organik yang beragam, efek perbedaan komposisi karbohidrat, protein, dan lemak dari campuran limbah organik terhadap kandungan kimia dari larva lalat tentara hitam, dan eksplorasi bakteri dan

enzim yang berperan dalam proses biokonversi limbah organik oleh lalat tentara hitam. Di bawah ini merupakan konsep penelitian yang dilakukan.



Gambar 1.1. Konsep penelitian potensi lalat *Hermetia illucens*

Dalam penelitian ini dicoba menggunakan beberapa jenis media limbah organik serta dengan melakukan penggantian jenis media untuk pemeliharaan *H. illucens*. Media yang digunakan adalah limbah sayuran (timun, pare dan sawi putih) yang kaya akan serat kemudian diganti dengan media pakan ayam yang kaya akan protein. Hasil penelitian ini merupakan model awal untuk membuat komposisi media pemeliharaan *H. illucens* yang tepat sehingga akan diperoleh kandungan nutrisi yang diinginkan. Data yang diperoleh tersebut memungkinkan untuk mengetahui potensi *H. illucens* sebagai sumber protein dan enzim hewani alternatif masa depan bagi manusia yang aman, halal dan toyyib.

II. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

Penelitian ini merupakan pengembangan penelitian dasar yang telah dilakukan sebelumnya. Pengembangan yang dilakukan dalam penelitian ini difokuskan dalam usaha mendapatkan sumber protein alternatif sebagai sumber pakan ternak.

2.1 Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu:

- a. Mengetahui kemampuan larva *H. illucens* dalam mengonversi sampah organik jenis buah-buahan, sayuran, ampas tahu menjadi biomassa prepupa yang dipelihara pada kondisi laboratorium.
- b. Menganalisis kandungan nutrisi (protein, lemak, karbohidrat, asam lemak, asam amino dan mineral) dari prepupa *H. illucens* setelah pemberian jenis pakan sampah organik yang berbeda.
- c. Mengetahui pengaruh pemberian pakan yang berbeda pada larva *H. illucens* terhadap reproduksinya

2.2 Manfaat

Untuk manfaat penelitian, dibagi menjadi dua yaitu secara teoritis dan aplikatif.

Teoritis

- a. Penelitian tentang larva *H. illucens* di bidang biologi masih jarang dilakukan di Indonesia. Sehingga dengan adanya penelitian ini dapat menambah pengetahuan tentang biologi dari *H. illucens* dan peranannya bagi manusia.
- b. Proses konversi sampah organik dengan *H. illucens* juga masih jarang digunakan di Indonesia. Mengingat potensinya dalam hal mengonversi sampah organik sangat tinggi, maka akan sangat bermanfaat untuk biomanajemen lingkungan.

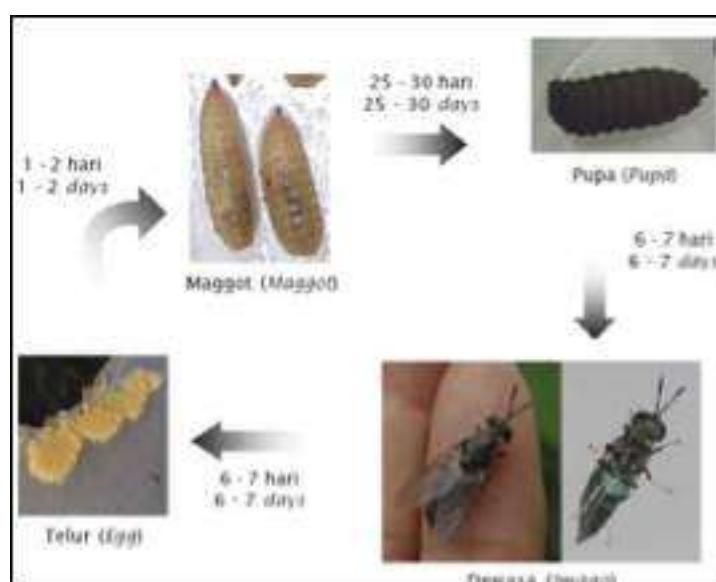
Aplikatif

- a. Kemampuan larva *H. illucens* dalam hal mengonversi sampah organik dapat digunakan untuk mengatasi permasalahan sampah di perkotaan.
- b. Adanya potensi nutrisi yang tinggi sangat memungkinkan untuk diaplikasikan ke bidang peternakan sebagai pakan alternatif dan sumber pakan di masa depan.

Kemampuan *H. illucens* dalam mengonversi sampah organik salah satunya dikarenakan adanya bakteri simbion yang menghasilkan enzim, misalnya selulosa. Dengan memanfaatkan *H. illucens* memungkinkan untuk diaplikasikan juga ke bidang industri yang memproduksi enzim selulosa untuk menghasilkan berbagai kebutuhan manusia seperti bidang makanan dan minuman.

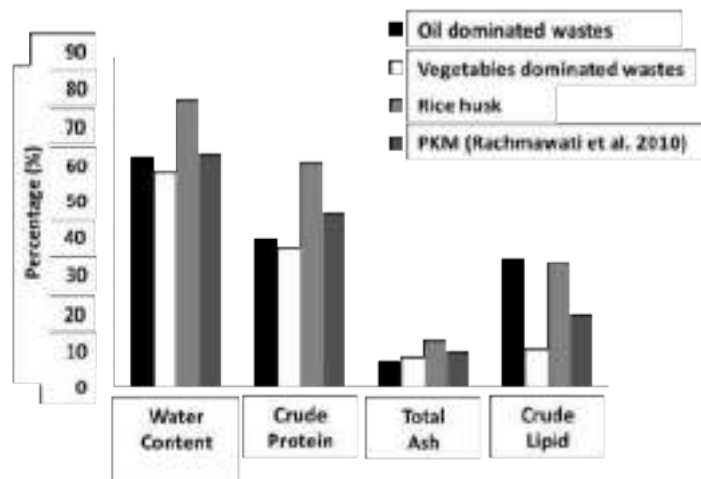
III. TINJAUAN PUSTAKA

Hermetia illucens merupakan salah satu serangga potensial yang memiliki beberapa kelebihan untuk dimanfaatkan, diantaranya mampu menguraikan sampah organik, hidup dalam toleransi pH yang beragam, bukan sebagai vektor penyakit, tahap prepupa dapat dijadikan sumber pakan ternak yang tinggi protein, serta untuk mendapatkannya tidak memerlukan teknologi tinggi (Fahmi dkk., 2007; Tomberlin dkk, 2009; nguyen dkk, 2013). Pada daerah tropis serangga ini dapat tumbuh sangat baik karena iklim tropis menyediakan beberapa hal penting dalam pertumbuhan larva yaitu (1) lingkungan yang lembap dan media yang memiliki kandungan nutrisi bahan organik sebagai pakan selama perkembangan (Tschimer & A. Simon, 2015), (2) rentang suhu 27-30°C untuk semua fase pada siklus hidupnya (Rozkosny, 1983), dan (3) kelembapan relatif senilai 30-90% untuk berlangsungnya proses kawin (Holmes dkk, 2012).



Gambar 3.1. Siklus Hidup *Hermetia illucens* (Sumber: Fahmi dkk., 2009)

Adanya potensi mengonversi berbagai limbah organik, memungkinkan *H. illucens* memiliki kandungan nutrisi yang berbeda. Perbedaan kandungan nutrisi dari larva pada beberapa media telah juga dilaporkan oleh Putra dkk (2015). Hasil penelitian tersebut menunjukkan kadar protein pada larva yang diberikan limbah organik yang berbeda ternyata menunjukkan hasil yang berbeda pula.



Gambar 3.2. Kandungan nutrisi dari larva yang diberikan pada beberapa jenis limbah organik (Putra dkk., 2015)

Pada kondisi sesungguhnya, sangat jarang ditemukan limbah organik dalam kondisi yang seragam terutama pada limbah organik dari daerah pemukiman. Hal ini memberikan tantangan tersendiri pada proses optimasi dan implementasi dari serangga ini sebagai agen biokonversi. Sebagai contoh, sampah restoran mengandung lemak dari sisa dari hewan dan tumbuhan yang kaya akan karbohidrat, lemak dan protein sedangkan sisa buah dan sayuran kaya akan karbohidrat akan tetapi rendah kandungan protein. Penggunaan limbah organik yang beragam ini akan mempengaruhi perkembangan, produktivitas, beberapa sifat *life history*, dan komposisi kimia dari larva yang dihasilkan (Tomberlin et al. 2002; Oonincx et al. 2005; Tschirner & Simon, 2015; Cammack & Tomberlin, 2017). Perbedaan kandungan pada tubuh larva akan mempengaruhi kondisi dari ternak yang mengkonsumsi larva. Hal ini menjadi sesuatu yang penting berkaitan dengan pemanfaatan dari larva serangga sebab berkaitan dengan kesehatan dari serangga dan produktivitas dari ternak tersebut.

Proses konversi dari limbah organik pada tubuh larva melibatkan peran dari mikroorganisme dan enzim. Beberapa jenis dari bakteri ini menghasilkan enzim yang berperan dalam mencernakan beberapa struktur kompleks pada limbah menjadi struktur yang lebih sederhana dan siap untuk diserap oleh larva. Feses yang dihasilkan oleh larva juga mengandung bakteri dan enzim tertentu yang dapat membantu proses pertumbuhan tanaman dalam bentuk pupuk organik cair dan padat (Jeon dkk, 2011).

Selain berperan sebagai pengurai limbah organik dan membantu pertumbuhan tanaman, terdapat beberapa enzim yang menghambat pertumbuhan dan proliferasi dari bakteri gram negatif (Choi dkk, 2012). Akan tetapi belum dapat dijelaskan apakah bakteri tersebut hidupnya sementara di sistem pencernaan *H. illucens* ataukah sebagai organisme simbiosis.

Pertanyaan lain yang masih belum terjawab adalah mengenai keberadaan dari bakteri ini pada tahapan hidup dari serangga sebab terdapat perbedaan pada kebutuhan dari setiap tahapan hidup. Dari sudut pandang aplikasi, pengetahuan akan bakteri dan enzim yang dihasilkan dapat menjadi dasar dari pengembangan suatu bioreaktor dengan memanfaatkan sifat dari bakteri ini untuk menghasilkan suatu produk.

3.1 Biologi Lalat Tentara Hitam (*Hermetia illucens*)

Lalat tentara hitam (Gambar 2.1) atau *Black Soldier Fly* (*H. illucens*) merupakan serangga kosmopolitan yang banyak ditemukan di Amerika hingga Asia (Rozkosny, 1983; Triplehorn, 2005). Selain itu *H. illucens* juga tersebar di daerah tropis dan daerah bersuhu panas (Sheppard dkk., 2002). Serangga *H. illucens* tinggal di area yang banyak terdapat materi organik yang membusuk (Rozkosny, 1983) serta dapat dibudidayakan di tempat terbuka dengan sumber makanan untuk tahap larva berupa bahan organik dari hewan maupun tumbuhan (Gayatri dkk., 2013). *H. illucens* adalah serangga Ordo Diptera dan termasuk kedalam Famili Stratiomyidae.



Gambar 3.3 Lalat tentara hitam (*H. illucens*) tahap dewasa

Hermetia illucens merupakan salah satu serangga potensial yang memiliki beberapa kelebihan untuk dimanfaatkan, diantaranya mampu menguraikan sampah organik, hidup dalam toleransi pH yang beragam, bukan sebagai vektor penyakit, tahap prepupa dapat dijadikan sumber pakan ternak yang tinggi protein, serta untuk mendapatkannya tidak memerlukan teknologi tinggi (Tomberlin dkk, 2009; Fahmi dkk., 2007). Perkembangan *H. illucens* memerlukan lingkungan yang lembap dan media yang memiliki kandungan nutrisi bahan organik sebagai pakan selama perkembangan (M. Tschimer & A. Simon, 2015). *Hermetia illucens* dapat hidup pada rentang suhu 27-30°C untuk semua fase pada siklus hidupnya, serta *H. illucens* akan mati pada suhu di atas 36°C (Rozkosny, 1983). Kelembapan

relatif senilai 30-90% adalah kondisi yang cukup untuk berlangsungnya proses kawin (Holmes dkk, 2012). Ketika fase larva, *H. illucens* memakan materi organik yang membusuk seperti sampah dapur, limbah peternakan dan berbagai limbah sayuran dan buah-buahan. Namun ketika dewasa, *H. illucens* tidak melakukan aktivitas makan hanya minum air (Nguyen dkk, 2013).

Siklus hidup *H. illucens* terdiri memiliki lima stadia (Dienar, 2007). Lima stadia tersebut yaitu fase telur, fase larva, fase prepupa, fase pupa, dan fase dewasa (Gambar 2.2).



Gambar 3.4 Lama siklus hidup *H. illucens* (Alvarez, 2012)

Waktu inkubasi telur beragam untuk setiap kondisi lingkungan yang berbeda. Pada suhu 24 °C, telur menetas dalam 102 sampai 105 jam (4,3 hari) (Both & Sheppard, 1984). Tahap larva *H. illucens* sekitar 3 sampai 4 minggu, tergantung pada kualitas dan kuantitas pakan (Tomberlin dkk., 2002; Myers dkk., 2008). Larva *H. illucens* memiliki ciri-ciri tubuh berbentuk oval, pipih, panjangnya 17 – 22 mm, sebelas segmen tubuh dengan sejumlah rambut pendek yang tersusun melintang, memiliki sepasang spirakel dibagian anterior, sementara spirakel posterior tersembunyi, mata jelas terlihat, kepala dapat bergerak, bagian mulutnya sederhana, maksila berkembang sempurna (James, 1981; Chiu & Cutkomp, 1992; Schremmer 1987 dalam Leclercq 1997). Larva berwarna putih, dan berangsur menyoklat pada tahap prepupa, dan menghitam pada saat pupa (Gambar 2.3) (May, 1961 dalam Tomberlin dkk., 2002). Prepupa berwarna coklat-hitam dan tidak lagi makan, bermigrasi menuju tempat yang kering dan bersembunyi untuk memulai tahap pupa. Stadia prepupa

sering dipanen untuk digunakan sebagai pakan ternak (Newton, 2005). Masa pupa berlangsung sekitar dua minggu (Hall & Gerhardt, 2002; Myers dkk., 2008).



Gambar 3.5 *H. illucens* tahap larva hingga pupa

Lama hidup *H. illucens* dewasa berkisar antara 8-14 hari tergantung pada kondisi lingkungan dan ketersediaan jenis pakan (Tomberlin dkk, 2002) hari. *H. illucens* betina yang keluar dari pupa belum memiliki sejumlah telur yang matang, kopulasi terjadi pada hari kedua setelah kemunculannya dari pupa, pada hari berikutnya lalat betina meletakkan telurnya (Tomberlin & Sheppard, 2002). Secara alami lalat betina meletakkan telur pada substrat yang berdekatan dengan substansi organik yang sedang terdekomposisi. Substansi organik tersebut dapat berasal dari hewan maupun tumbuhan seperti buah, sayuran, kompos, humus, sisa makanan, kotoran unggas bahkan manusia, bangkai hewan termasuk manusia (Larde, 1990; Leclercq, 1997; Turchetto dkk., 2001; Olivier, 2001).

Lalat *H. illucens* memiliki ciri khusus yaitu, kepala, toraks, dan abdomen berwarna hitam; panjang tubuh 15 – 20 mm; panjang antena dua kali lebih panjang daripada kepalanya; femur dan tibia berwarna hitam, sayap luas (tidak ramping). Jantan dan betina dibedakan dari ciri segmen abdomen terakhir (James, 1981, Schremmer, 1987 dalam Leclercq 1997). Telur *H. illucens* berbentuk oval dengan panjang sekitar 1 mm. Telur diletakkan oleh lalat betina secara berkelompok, berlekatan satu sama lain dan melekat pada substrat. Kelompok telur yang baru diletakkan berwarna putih pucat, dan berangsur-angsur menguning sampai waktu metetas tiba. Booth dan Sheppard (1984) menyebutkan bahwa satu kelompok telur berbobot 29,1 mg dan mengandung rata-rata 998 butir, sehingga rata-rata bobot satu butir telur adalah 0,028 mg. Tomberlin dkk. (2002) melaporkan bahwa rata-rata telur yang diletakkan per betina bervariasi dari 323 sampai 639 butir. Biasanya telur diletakkan pada substrat kering, sedikit keras, dan tersembunyi (seperti celah, lipatan, retakan).

3.2 Biokonversi

Biokonversi merupakan suatu kegiatan untuk mendapatkan kembali sumber daya hayati dari limbah biomassa dan pada saat bersamaan mengurangi jumlah materi organik yang tersisa pada limbah. Hewan memiliki potensi untuk dijadikan sebagai agen biokonversi limbah organik (Klopfenstein dkk., 2002). Pengolahan limbah organik dengan proses biokonversi memiliki beberapa keuntungan (Barry, 2004), diantaranya:

- a. Mengurangi jumlah limbah organik yang harus diolah pada lokasi pengolahan limbah dan mengurangi ongkos energi yang dibutuhkan untuk mengangkut limbah organik.
- b. Mengurangi masalah sanitasi dan kenyamanan akibat tumpukan limbah organik.
- c. Mengurangi produksi gas metan dari tumpukan limbah sebagai hasil dari penguraian anaerob dari materi organik.
- d. Mengurangi tingkat pencemaran pada saluran pembuangan.
- e. Bermanfaat bagi instansi pendidikan, dari level dasar hingga universitas, dalam menyediakan informasi untuk menghasilkan suatu metoda pendidikan dan praktek yang menggabungkan pengetahuan pada bidang ekologi, biologi, ekonomi, rekayasa. Selain itu dapat menjadi suatu bentuk model pengolahan sumber daya hayati berkelanjutan yang dapat diamati langsung oleh masyarakat.
- f. Menghasilkan produk dalam bentuk biomassa agen hayati dan konversi limbah yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan dasar produksi dalam industri berbasis hayati seperti pertanian, perikanan, dan bioproduk.

Pada dasarnya konsep biokonversi dengan larva serangga adalah sama dengan pengomposan dan penguraian limbah organik oleh cacing tanah (*vermikompos*) yang lebih populer, akan tetapi biokonversi tidak hanya menghasilkan kompos tetapi juga biomassa agen hayati yang dapat digunakan untuk menghasilkan produk yang bernilai tambah tinggi (Newton dkk., 2005). Hasil penelitian menggunakan limbah organik padat sebagai media tumbuh, baik berupa kotoran ayam, sapi, maupun babi, menunjukkan bahwa terjadi pengkonversian substrat dalam biomassa tubuh larva *Hermetia illucens* menjadi sekitar 42% protein dan 35% lemak (Sheppard dkk., 1994; Dienar dkk., 2009; St-Hilaire dkk., 2007).

Lalat tentara hitam atau *Black Soldier Fly* (*H. illucens*) merupakan serangga kosmopolitan yang banyak ditemukan di Amerika hingga Asia (Rozkosny, 1983; Triplehorn, 2005). Serangga *H. illucens* tinggal di area yang banyak terdapat materi organik yang membusuk (Rozkosny, 1983) serta dapat dibudidayakan di tempat terbuka dengan sumber makanan untuk tahap larva berupa bahan organik dari hewan maupun tumbuhan (Gayatri dkk., 2013).

H. illucens merupakan salah satu serangga potensial yang memiliki beberapa kelebihan untuk dimanfaatkan, diantaranya mampu menguraikan sampah organik, hidup dalam toleransi pH yang beragam, bukan sebagai vektor penyakit (Tomberlin dkk, 2009; Fahmi dkk., 2007). Adanya sifat tersebut memungkinkan *H. illucens* dijadikan sebagai agen biokonversi.

H. illucens mampu mereduksi akumulasi sampah organik hingga 50% dalam waktu singkat sehingga mampu mengurangi polusi lingkungan secara optimal (Myers dkk., 2008), memiliki kemampuan untuk mengonsumsi berbagai jenis limbah organik seperti kotoran hewan, kotoran manusia, daging busuk dan segar, buah-buahan, sayuran, limbah restoran, limbah dapur, dan limbah berselulosa tinggi (Nguyen, 2010; Holmes; 2010, Sheppard dkk, 2002; Tomberlin dkk, 2002). Saat ini *H. illucens* banyak dimanfaatkan dalam bidang bioindustri melalui biokonversi berbagai limbah organik menjadi produk biomassa prepupa untuk dijadikan sumber pakan ternak tinggi protein (Diener dkk., 2009) dan tinggi lemak untuk sumber bahan baku energi alternatif terbarukan (Li dkk., 2012). Larva *H. illucens* dapat mengonsumsi materi organik sebanyak 25 mg – 500 mg per larva per hari tergantung pada ukuran larva, tipe substrat yang tersedia dan kondisi lingkungan (seperti suhu, kelembaban dan suplai udara) (Makkar dkk., 2014). Hasil yang telah dilakukan menunjukkan larva *H. illucens* mampu mendegradasi limbah sayuran (Kinasih dkk, 2012) serta limbah jerami dan kulit singkong (Putra dkk, 2015). Untuk limbah restoran dan sayuran juga menunjukkan hasil larva *H. illucens* mampu mengonversi limbah tersebut dan menghasilkan biomassa yang cukup tinggi (data belum dipublikasikan).

Lalat tentara hitam BSF berperan penting dalam proses dekomposisi berbagai sampah organik di alam. Larva BSF dapat mencerna berbagai materi organik termasuk limbah makanan yang ada pada suatu ekosistem (Lardé, 1990; Myers et al., 2008). BSF juga diketahui dapat mengonsumsi limbah pertanian seperti ampas kopi (Lardé, 1990), bungkil kelapa sawit (Hem et al., 2008) dan limbah jerami padi (Manurung et al., 2016) atau limbah materiorganik lain seperti sampah pasar, sampah organik perkotaan hingga limbah lumpur feses (Diener et al., 2011). Larva BSF juga dapat mengonsumsi limbah peternakan termasuk kotoran ternak seperti kotoran ayam (Bondari and Sheppard, 1981), kotoran babi (Sheppard et al., 1994), dan kotoran sapi (Myers et al., 2008). Dalam proses sistem pencernaannya, larva BSF mampu mengasimilasi nutrisi yang berasal dari materi organik. Melalui proses asimilasi tersebut, larva BSF merombak sejumlah sampah organik sehingga secara tidak langsung menurunkan potensi sejumlah sumber polusi di alam (Newton et.al., 2005). Lebih dari setengahnya kandungan nutrisi yang ada dalam pakan diekskresikan sebagai kotoran sisa

(Steinfeld, 2012). BSF mengonsumsi dan mengonversi residu protein dan nutrisi lain menjadi biomassa tubuh yang bernilai gizi sehingga dapat dijadikan sumber pakan hewan alternatif yang tinggi protein dan berkualitas baik (Oonincx et. al., 2015). Larva dan prepupa BSF memiliki kandungan protein dan lemak yang tinggi (Dierenfeld and King, 2008) sehingga sangat baik untuk dimanfaatkan sebagai penunjang pertumbuhan berbagai hewan ternak seperti ikan blue tilapia (Sheppard et. al., 2008) dan babi (Newton et. al., 1977). Dampak lingkungan yang ditimbulkan akibat aktivitas peternakan dapat menurun secara signifikan apabila larva BSF dapat diaplikasikan untuk mengurangi limbah kotoran ternak dan di daur ulang menjadi pakan ternak berkualitas tinggi.

3.3 Potensi *H. illucens* sebagai pakan ternak

Pemanfaatan bahan pakan hingga kini belum tertanggulangi, dalam arti kompetisi antara pangan dan pakan masih terus berlanjut terutama pakan sumber protein, sehingga menimbulkan dilema bagi nutrisi. Untuk itu diperlukan adanya sumber alternatif pakan lainnya yang tidak bersinggungan dengan kepentingan manusia, seperti serangga yaitu *H. illucens*.

Selain sebagai agen biokonversi, tahap prepupa dari *H. illucens* dapat dijadikan sumber pakan ternak yang tinggi protein, serta untuk mendapatkannya tidak memerlukan teknologi tinggi (Tomberlin dkk, 2009; Fahmi dkk., 2007). Lalat *black soldier* (*H. illucens*) dapat dijadikan pilihan untuk penyediaan pakan sumber protein karena lalat ini mudah ditemukan, dikembangbiakkan, dan merupakan salah satu jenis bahan pakan alami yang memiliki protein tinggi. Harga tepung ikan yang tinggi akan mempengaruhi harga pakan serta biaya produksi. Kondisi tersebut memicu banyak peneliti di bidang terkait untuk mencari sumber protein alternatif, yang lebih murah dan tersedia dalam skala lokal, untuk menggantikan sebagian proporsi tepung ikan dalam komposisi pakan (FAO, 2007).

Hasil uji larva prepupa *H. illucens* sebagai pakan memakai ikan hias langka asal perairan di Jambi dan Kalimantan Barat, balashark *Balantiochellius melanopterus* berbobot 1 - 2 g/ekor sangat memuaskan. Asupan 70% pelet udang dan 30% maggot sebagai pakan selama 12 pekan membuat ikan balashark tumbuh 3 kali lebih besar daripada kontrol yang diberi 100% pelet udang. Tingkat kelulusan hidup atau *survival rate* ikan balashark naik menjadi 2 kali lipat (dari 65% menjadi 90%) pada fase pembesaran. Begitu pula daya tahan ikan yang masuk daftar merah *International Union for Conservation of Nature* (IUCN)

terhadap penyakit itu terdongkrak berlipat ganda setelah pemberian pakan larva prepupa *H. illucens*. Indikasi ini tergambar dari peningkatan jumlah sel darah putih dari 2-juta sel/mm³ menjadi di atas 3-juta sel/mm³. Di dalam tubuh, sel darah putih berfungsi sebagai sistem pertahanan terhadap berbagai penyakit. Adapun nilai sel darah merah yang berperan dalam menyebarkan sari-sari makanan ke seluruh tubuh pun meningkat sampai 4.500 sel/mm³ dari sebelumnya 2.800 sel/mm³. Dengan demikian sari-sari makanan lebih cepat diserap tubuh menjadi energi (Fahmi dkk, 2016).

IV. METODE PENELITIAN

4.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Fisiologi hewan dan Entomologi, Laboratorium Terpadu UIN Sunan Gunung Djati Bandung,

4.2 Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian yaitu kuas untuk mengambil telur *H. illucens*. Gelas plastik transparan dengan ukuran 500 ml, sebagai tempat sampel media tumbuh *H. illucens*. Cawan petri, botol semprot, neraca, baki, spatula, pinset, sendok, pisau, neraca analitik digital, jangka sorong, mistar, millimeter blok yang telah dilaminating untuk menghitung dan mengukur ukuran tubuh *H. illucens* diberbagai fase. Oven digunakan untuk mendapatkan berat kering dari media pertumbuhan yang digunakan. Termometer ruang digital HTC-1 dan lux meter LT Lutron (LX-101A) untuk mengukur suhu, kelembaban dan intensitas cahaya di ruangan penelitian. Termometer Infrared Vin Med untuk mengukur suhu dalam sampel media dan kertas pH indikator untuk mengukur pH media sampel. Kandang kerangka besi dengan ukuran 0,6 x 0,6 meter, dilengkapi dengan kain *tile* yang telah dijahit, ovitrap, wadah plastik kecil dengan kapas yang dibasahi dan pot kecil berisi tumbuhan. Digunakan 15 kandang sebagai tempat pemeliharaan *H. illucens* dewasa. Mikroskop stereo, optilab, laptop, alat tulis, buku catatan dan kamera untuk mencatat hasil dan mendokumentasikan kegiatan yang dilakukan saat penelitian.

Bahan yang digunakan berupa 60 gram telur *H. illucens* yang berasal dari Sidoarjo sebagai sampel awal yang diukur dan diamati. Pakan ayam sebagai media kontrol, limbah buah-buahan (mangga, pisang, alpukat, pepaya), limbah sayuran dan ampas tahu sebagai media uji untuk pertumbuhan dan perkembangan *H. illucens*. Bahan lainnya yang digunakan dalam kegiatan pengukuran, penggantian media dan pemeliharaan pemeliharaan *H. illucens* yaitu air, kapas dan tumbuhan berdaun yang disimpan dalam setiap kandang, kertas timbang, aluminium foil, alkohol 70% fisiologis dalam menghitung telur, karet dan kain sebagai penutup gelas plastik transparan sebagai tempat sampel berisi media pemeliharaan.

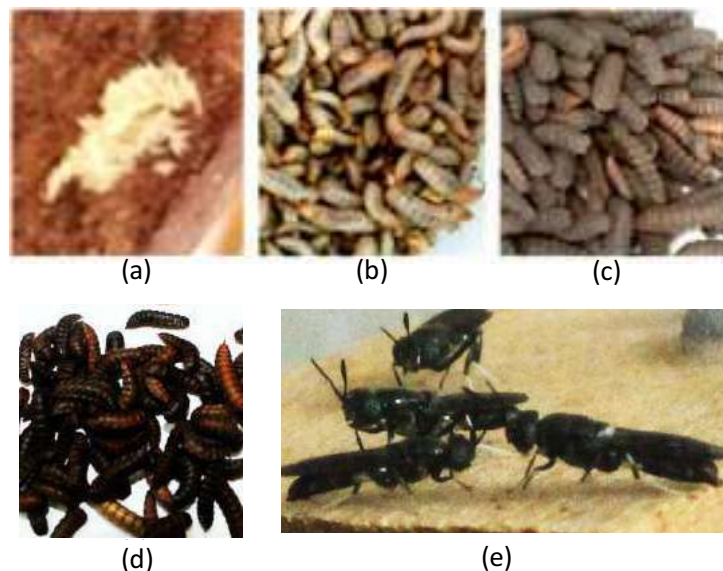
Untuk pengujian kadar air alat yang digunakan yaitu timbangan analitik, oven, cawan petri, penjepit, pisau. Alat yang digunakan pada penetapan kadar protein yaitu timbangan analitik, erlenmeyer 250 ml, alat dekstruksi dan destilasi, gelas ukur, beker glass, pipettetes, pipet volume, buret, penjepit, dan baki. Sedangkan bahan yang digunakan yaitu sampel *H.*

illucens, NaOH, H₂SO₄, tablet kjeldhal, indikator BM : SSG, boric acid, tissue. Untuk pengujian kadar lemak alat yang digunakan yaitu timbangan analitik, soxhlet, cawan petri, oven, gelas ukur, beker glass, penjepit. Sedangkan bahan yang digunakan yaitu sampel *H. illucens* (5 gram), n-hexsan, kertas saring, benang, tissue.

Pada penelitian ini akan dilakukan beberapa tahapan penelitian yaitu:

1. Pemeliharaan *H. illucens*

Pemeliharaan dilakukan dengan menggunakan berbagai limbah organik, yaitu ampas tahu, buah-buahan (pepaya, mangga, alpukat, pisang), dan sayuran. Kombinasi pakan berdasarkan pada perbedaan pada kandungan karbohidrat, protein dan lemak dari setiap jenis limbah organik yang digunakan.



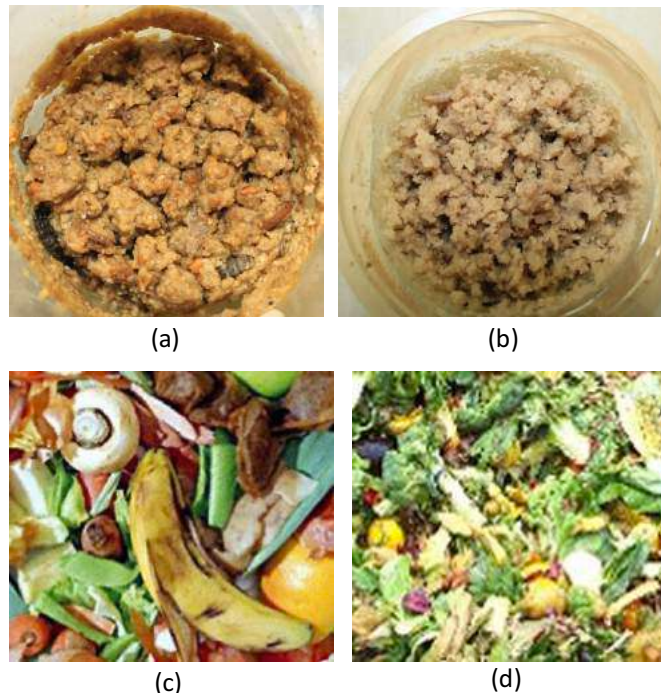
Gambar 4.1 *H. illucens* yang digunakan pada saat penelitian. (a) telur; (b) larva; (c) prepupa; (d) pupa; (e) imago

Sampel uji menggunakan telur *H. illucens* yang terhitung hari ke-0 dari saat betina meletakkan telur awal. Sampel terdiri dari lima gelas plastik transparan yang diisi masing-masing dengan media penetasan yaitu pakan ayam dengan kandungan air $\pm 70\%$. Setelah larva berumur enam hari, dipindahkan pada pakan ayam, sampah buah-buahan dan ampas tahu dan ditutup dengan kain. Larva diletakan sebanyak 100 butir per-gelas plastik dengan media pakan sebanyak 100 gram.

Perlakuan pakan yang diberikan berdasarkan kandungan nutrisi media pakan, yaitu media dengan kaya protein (ampas tahu), media dengan rendah protein (buah-buahan dan sayuran), serta pakan ayam sebagai kontrol.

Kombinasi perlakuan pakan yaitu:

- a. Kontrol positif (pakan ayam)
- b. Kontrol negatif (buah-buahan)
- c. Media kaya protein (ampas tahu)
- d. Media kaya protein kemudian diganti dengan rendah protein (ampas tahu kemudian diganti buah-buahan)
- e. Media rendah protein kemudian diganti dengan kaya protein (buah-buahan kemudian diganti ampas tahu)
- f. Media rendah protein (sayuran)



Gambar 4.2. Media yang digunakan dalam penelitian, yaitu pakan ayam (a), ampas tahu (b), limbah buah-buahan (c), dan limbah sayuran (d)

Media pakan diganti selama 3 hari sekali dengan media pakan yang baru, dan juga diukur parameter lainnya.

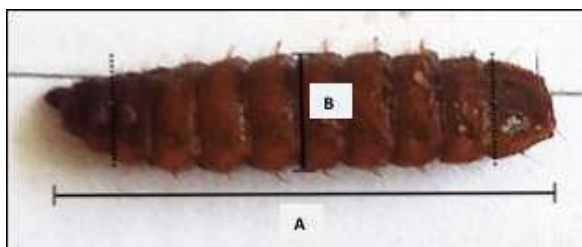
Kandungan nutrisi pakan yang digunakan saat pemeliharaan *H. illucens* dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 4.1. Analisis Proksimat Media Pertumbuhan *H. illucens*

Media	Pakan ayam	Limbah Ampas tahu	Limbah Buah	Limbah sayuran
Proksimat				
Air (%)	5,84	7,44	21,28	94,43
Abu (%)	7,64	2,55	5,50	11,80
Protein (%)	18,94	19,59	7,61	11,31
Serat Kasar (%)	3,49	6,07	10,32	15,73
Lemak Kasar (%)	7,37	6,35	4,12	2,87
Karbohidrat (%)	62,56	65,44	72,45	58,29
Energi Bruto (kkal/kg)	3095	3916	3025	2822

2. Parameter morfometri dan kelulushidupan

Pada saat pemeliharaan dilakukan pengukuran biomassa, panjang dan lebar tubuh larva, tingkat kematian (mortalitas), fekunditas dan fertilitas. Pengukuran panjang dan diameter *H. illucens* diukur dengan menggunakan jangka sorong. Jumlah *H. illucens* yang diambil untuk pengukuran sebanyak 20 ekor pada setiap perlakuan.



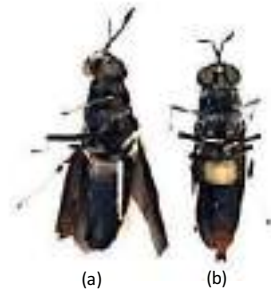
Gambar 4.3. Pengukuran Morfometri Pradewasa (Larva-Pupa) *H. illucens*

(A: Panjang tubuh yang diukur; B: lebar tubuh yang diukur)

Untuk menghitung bobot *H. illucens* dilakukan dengan cara menimbang *H. illucens* dengan menggunakan neraca analitik. Setiap penimbangan *H. illucens* yang ditimbang sebanyak 5 ekor dengan 4 kali pengulangan pada setiap perlakuan. Perhitungan mortalitas pada *H. illucens* dilakukan setiap pergantian media. Dilakukan dengan menghitung jumlah larva *H. illucens* yang hidup dan larva yang mati.

3. Pengamatan fekunditas dan fertilitas

Fekunditas diamati setelah mengawinkan 20 pasang *H. illucens* dewasa. Telur dihitung jumlah dan beratnya pada setiap perlakuan.



Gambar 4.4. Jantan (a) dan betina (b) dari *H. illucens*

Pada pengamatan fertilitas diamati jumlah telur yang menetas menjadi larva. Pengamatan ini dilakukan mulai dari hari ke-0 telur menetas hingga menjadi lalat dewasa. Dari 100 telur yang ditetaskan pada medium pakan ayam, selanjutnya dipelihara pada medium pakan ayam, kemudian diamati pada setiap fase fertilitas dan mortalitasnya.



Gambar 4.5 Kandang untuk perkawinan (a) dan imago dari *H. illucens*

4. Analisa nutrisi

Analisa protein yang dilakukan yaitu pada larva dan prapupa. Sampel yang dipanen dari stok dikeringkan dengan oven pada suhu 60°C selama 24 jam, lalu ditepungkan dengan dihaluskan oleh blender dan diayak dengan ayakan susun berurut-turut mesh 30, 88, dan 100. Analisis proksimat meliputi kadar air, kadar abu, protein, lemak, serat kasar, karbohidrat. Kadar air dianalisis menggunakan metode oven. Protein dianalisis dengan metode semimikro Kjeldahl. Lemak dengan metode ekstraksi langsung dengan alat soxhlet. Karbohidrat dengan metode iodometri. Serat kasar dipisahkan dari bahan lain dengan ekstraksi asam dan basa.

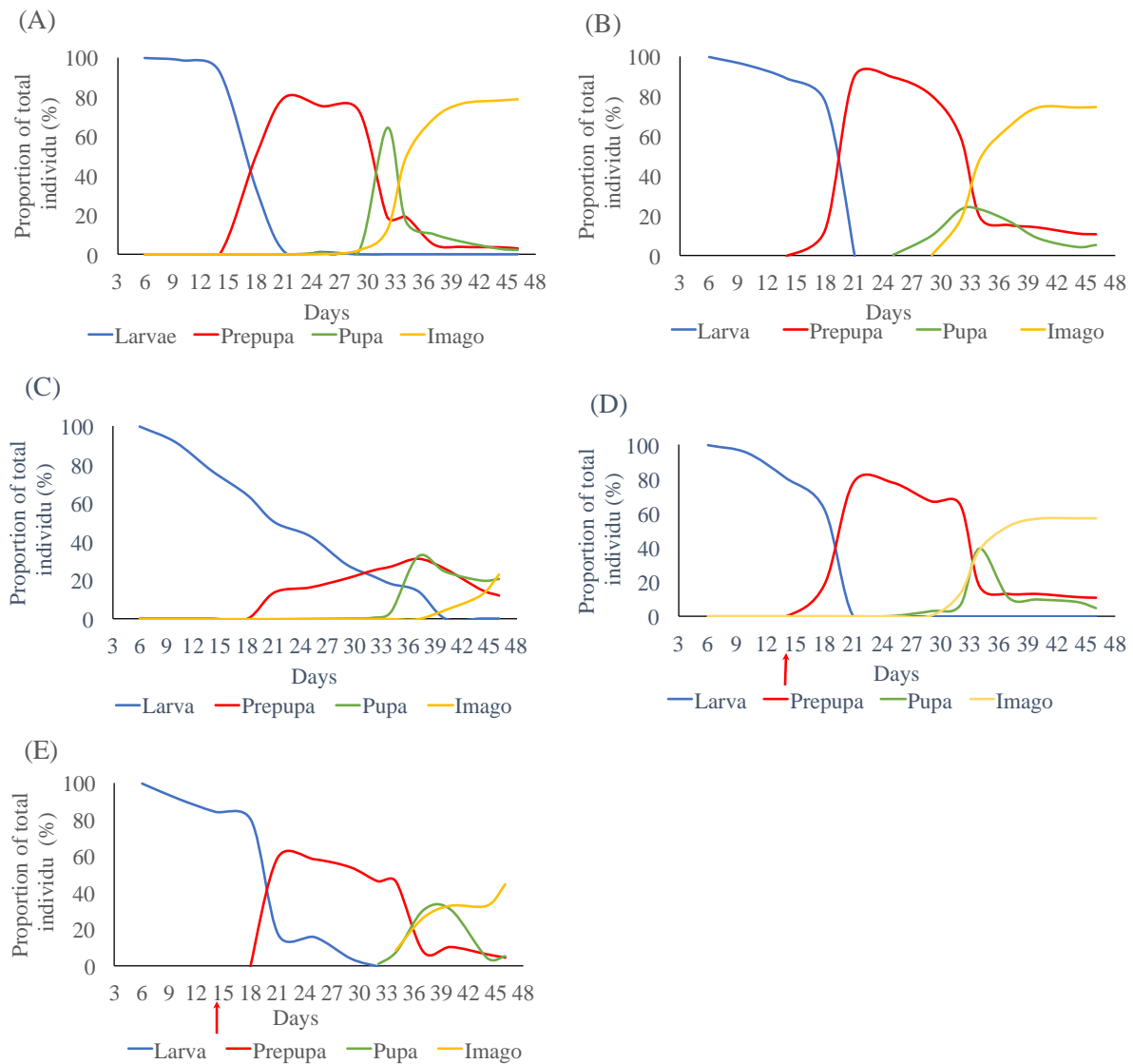
V. HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Perkembangan lalat *H. illucens* pada variasi pakan dengan kandungan protein dan karbohidrat yang tinggi

Serangga sangat bergantung terhadap nutrisi dari makanannya. Serangga memiliki kandungan protein yang signifikan dan beragam, sekitar 20 sampai 76% dari berat kering tubuhnya, tergantung pada jenis dan perkembangan dari setiap tahap serangga. Variabilitas kadar lemaknya besar (2-50% dari bahan kering) dan tergantung pada banyak faktor. Kandungan asam lemak tak jenuh ganda dapat mencapai hingga 70% dari total asam lemak. Karbohidrat diwakili terutama oleh kitin, yang isinya berkisar antara 2,7 mg dan 49,8 mg per kg bahan segar. Serangga mengandung sejumlah mineral (K, Na, Ca, Cu, Fe, Zn, Mn dan P) serta vitamin seperti B. Kelompok vitamin, vitamin A, D, E, K, dan C. Namun kandungannya bersifat musiman dan bergantung pada pakan (Kaurimaka dan Adamfoka, 2016). Maka dari itu serangga memakan makanan dengan jumlah yang tidak lebih dari kapasitas tubuhnya.

Media pakan ayam memiliki nilai kandungan protein yang paling tinggi. Kadar protein tinggi akan mempercepat pertumbuhan serta meningkatkan nilai jumlah dan fertilitas telur. Hal ini dikarenakan protein yang tinggi berbanding lurus dengan kadar nitrogen. Nitrogen berperan dalam proses melanisasi, termoregulator atau pemanasan tubuh (Hazel 2002 dalam Cotter dkk., 2010), merangsang seleksi seksual atau sinyal aposematik (Wiernasz 1995; Sword 2002 dalam Cotter dkk., 2010). Gobbi dkk. (2013) menyebutkan bahwa media perkembangan larva lalat sangat mempengaruhi kandungan nutrisi tubuh, keberlangsungan hidup setiap instar larva dan metamorfosis. Sedangkan Wardhana (2016), kualitas media berkorelasi positif dengan persentase daya tahan hidup larva dan lalat dewasa.

Waktu perkembangan menunjukkan lama hidup dari setiap fase *H. illucens* yang dipelihara baik pada media pakan ayam, sampah restoran padang dan mpas tahu. Waktu perkembangan dihitung dari waktu perubahan fase *H. illucens* selama penelitian, yang dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 5.1. Waktu perkembangan *H. illucens* pada beberapa variasi pakan. Panah warna merah menunjukkan waktu pergantian jenis media pakan

Gambar di atas menunjukkan waktu perkembangan dari *H. illucens* akan dipengaruhi oleh kandungan nutrisi yang ada di dalam pakannya. Media pakan yang mengandung protein tinggi, seperti pada pakan ayam dan limbah ampas tahu, akan mempercepat pertumbuhan *H. illucens*. Sebaliknya, media pakan dengan kandungan protein rendah, seperti limbah buah-buahan akan memperlambat waktu pertumbuhannya.

Pada perlakuan pemberian pakan dengan kandungan protein rendah kemudian diganti dengan pakan dengan kandungan protein tinggi ternyata mampu mempersingkat waktu pertumbuhan *H. illucens* dibandingkan dengan yang hanya diberi pakan dengan kandungan protein rendah. Hal ini menunjukkan bahwa kandungan protein diduga dapat mempercepat waktu pertumbuhan dari *H. illucens*. Akan tetapi pada perlakuan pakan dengan kandungan

protein tinggi dan kemudian diganti dengan kandungan protein rendah, ternyata tidak mempengaruhi kecepatan waktu pertumbuhannya.

Selain waktu pertumbuhan, pemberian pakan dengan kandungan protein yang lebih tinggi yaitu pada perlakuan pakan ayam dan ampas tahu juga menunjukkan tingkat kelulushidupan yang lebih tinggi, dibandingkan dengan perlakuan pakan rendah protein (limbah buah-buahan). Hal ini dapat disimpulkan awal pertumbuhan *H. illucens* merupakan penentu dari pertumbuhannya, sehingga diperlukan pakan dengan nutrisi yang mencukupi. Pada penelitian Cotter dkk. (2010), mengatakan bahwa kandungan protein yang tinggi akan meningkatkan nilai kelulusan hidup. Namun kadar protein yang terlalu tinggi atau terlalu rendah akan mempengaruhi metabolisme tubuh. Metabolisme tubuh akan maksimal ketika kadar karbohidrat cukup tinggi dan protein pada kisaran 100-200 mg.

5.2 Bobot *H. illucens* pada variasi pakan dengan kandungan protein dan karbohidrat yang tinggi

Pada seluruh fase hidup *H. illucens* hampir dapat dimanfaatkan dalam bidang industri produksi pakan ternak, pupuk kompos dan pada bidang penelitian lainnya. Maka setiap fase hidup *H. illucens* memiliki bobot tubuh yang umumnya disebut juga biomassa yang berbeda-beda tiap individu. Biomassa tubuh juga menunjukkan bobot tubuh *H. illucens* pada setiap fase.

Tabel 5.1 Bobot larva *H. illucens* pada media yang kaya protein dan kaya karbohidrat

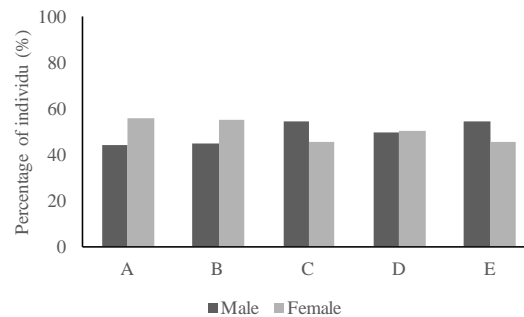
Old (days)	Chicken feed			Tofu dreg			Fruit waste			Tofu dreg - fruit waste			Fruit waste - tofu dreg		
6	0.015	±	0.001 a	0.014	±	0.001 a	0.016	±	0.001 a	0.015	±	0.001 a	0.015	±	0.001 a
10	0.143	±	0.003 a	0.163	±	0.009 b	0.087	±	0.004 c	0.053	±	0.001 d	0.044	±	0.002 d
13	0.167	±	0.003 a	0.114	±	0.003 b	0.086	±	0.003 c	0.087	±	0.002 cd	0.059	±	0.002 e
17	0.163	±	0.005 a	0.129	±	0.003 b	0.124	±	0.003 b	0.178	±	0.064 a	0.104	±	0.003 c

Huruf yang berbeda pada baris yang sama menunjukkan nilai yang berbeda nyata ($P < 0,05$)

Berdasarkan gambar di atas diketahui bahwa bobot tubuh dari larva sampai prepupa pada seluruh media mengalami kenaikan dan penyusutan. Pada fase pupa relatif tidak berubah secara signifikan. Penyusutan terjadi pada fase akhir larva dan prepupa yaitu sejak umur 18 hari.

5.3 Efek kandungan nutrisi yang kaya protein terhadap rasio jantan dan betina dewasa *H. illucens*

Kandungan nutrisi dari pakan yang diberikan ternyata dapat mempengaruhi rasio jantan dan betina dewasa yang dihasilkan. Hal ini dapat dilihat pada gambar di bawah ini.

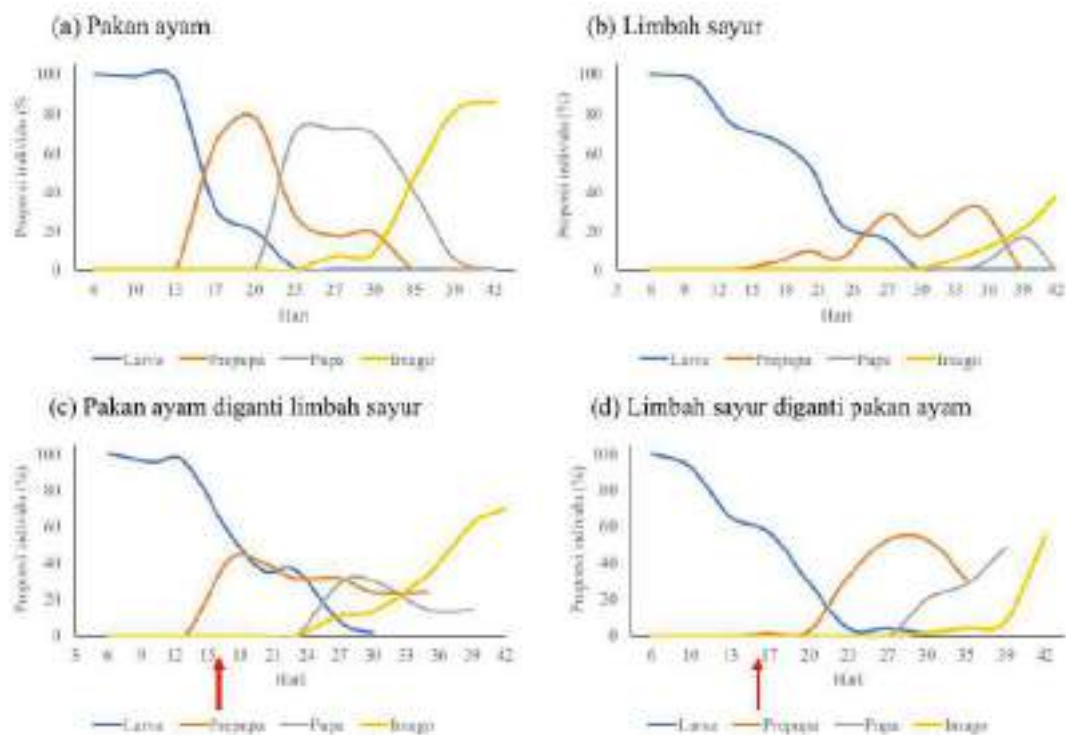


Gambar 5.2. Persentase rasio jantan dan betina dewasa pada variasi pakan yang berbeda. A: pakan ayam; B: ampas tahu; C: limbah buah-buahan; D: ampas tahu – limbah buah-buahan; E: limbah buah-buahan – ampas tahu

Secara umum, betina lebih banyak muncul pada perlakuan pakan ayam dan ampas tahu dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Sementara pada perlakuan pakan ampas tahu – limbah sayuran, rasio jantan dan betina yang dihasilkan cenderung seimbang. Hasil ini menunjukkan kandungan protein tinggi yang diberikan pada tahap awal pertumbuhan *H. illucens* akan menghasilkan proporsi betina lebih tinggi dibandingkan jantan, seperti yang telah dilakukan pada beberapa penelitian sebelumnya (Tomberlin dkk., 2002; Zarkani dan Miswati, 2012; Gobbi dkk., 2013). Sebaliknya, apabila kandungan nutrisi dalam pakan yang diberikan seimbang, maka proporsi jantan dan betina cenderung lebih berimbang, atau rasio jantan yang sedikit berbeda dengan betina (Ma dkk., 2018; Meneguz dkk, 2018).

5.4 Perkembangan lalat *H. illucens* pada variasi pakan dengan kandungan serat tinggi

Hasil yang didapat dari penelitian ini yaitu pertumbuhan larva pada media pakan ayam menunjukkan pertumbuhan yang lebih cepat dibandingkan dengan perlakuan lainnya, begitu juga dengan larva yang terdapat pada media pakan ayam yang kemudian diganti dengan limbah sayur.



Gambar 5.3 Proporsi individu *H. illucens* pada media pakan yang berbeda

Pada media pakan ayam dan perlakuan pakan ayam – limbah sayuran, menunjukkan munculnya prepupa pertama kali pada umur 17 hari. Sedangkan yang perlakuan limbah sayuran dan limbah sayuran – pakan ayam, prepupa muncul lebih lambat yaitu pada umur 20 hari. Pada tahap pupa dan imago ternyata pada perlakuan pemberian limbah sayuran perkembangan lebih lambat kurang lebih 5 – 7 hari dibandingkan dengan yang diberi pakan ayam.

5.5 Bobot *H. illucens* pada variasi pakan dengan kandungan serat tinggi

Berat larva pada setiap media perlakuan menunjukkan hasil yang berbeda. Pada perlakuan pakan ayam berat larva pada umumnya lebih tinggi dari media lainnya, kecuali pada umur 17 dan 20 hari yang lebih rendah dibandingkan dengan media limbah sayur – pakan ayam.

Tabel 5.2 . Berat larva *H. illucens* pada setiap pengamatan pada media yang berbeda

Umur (hari)	Berat (mg/individu) \pm SE			
	Pakan ayam	Limbah sayur	Pakan ayam - limbah sayur	Limbah sayur - pakan ayam
6	0.022 \pm 0.001 a	0.022 \pm 0.001 a	0.015 \pm 0.001 b	0.024 \pm 0.002 a
10	0.19 \pm 0.006 a	0.099 \pm 0.004 b	0.186 \pm 0.005 a	0.088 \pm 0.003 b
13	0.256 \pm 0.006 a	0.121 \pm 0.003 b	0.25 \pm 0.007 a	0.125 \pm 0.004 b
17	0.169 \pm 0.004 a	0.148 \pm 0.003 b	0.169 \pm 0.005 a	0.182 \pm 0.005 a
20	0.161 \pm 0.003 a	0.15 \pm 0.005 a	0.159 \pm 0.005 a	0.181 \pm 0.005 b

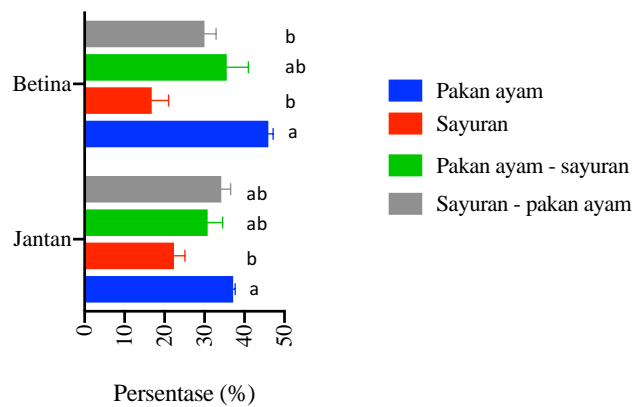
Huruf yang berbeda pada baris yang sama menunjukkan hasil yang berbeda nyata pada taraf kepercayaan $P < 0,05$

Tabel 2 juga menunjukkan berat larva *H. illucens* yang diberi pakan limbah sayur menunjukkan berat yang paling kecil terutama di awal masa pertumbuhan (umur 10 hingga 17 hari). Sedangkan larva yang diberi perlakuan limbah sayur dan kemudian diganti dengan pakan ayam, ternyata beratnya lebih meningkat dari larva yang hanya diberi pakan limbah sayur saja terutama setelah diganti dengan pakan ayam yaitu pada umur 17 hari.

Jumlah individu yang menjadi imago paling tinggi pada perlakuan pakan ayam yaitu 85,8%, dan perlakuan pakan ayam – limbah sayuran sebesar 70,4%. Sedangkan yang terendah pada perlakuan limbah sayuran (37,2%) akan tetapi perlakuan limbah sayuran – pakan ayam menunjukkan jumlah imago yang lebih banyak yaitu 55.2%.

5.6 Efek kandungan nutrisi yang kaya serat terhadap rasio jantan dan betina dewasa *H. illucens*

Imago *H. illucens* yang hidup menunjukkan rasio jantan dan betina yang berbeda dari setiap media pakan yang diberikan. Media dengan kandungan protein dan lemak yang tinggi seperti pakan ayam, cenderung akan menghasilkan rasio betina yang lebih tinggi dibandingkan dengan jantan. Sedangkan media limbah sayuran, yang mengandung serat dan air yang lebih tinggi dibandingkan pakan ayam, cenderung menghasilkan rasio jantan yang lebih tinggi dibandingkan dengan betina.



Gambar 5.4. Persentase jantan dan betina *H. illucens* pada beberapa media dengan serat tinggi

Hasil ANOVA juga menunjukkan pada betina, larva *H. illucens* yang diberikan pakan berprotein dan lemak tinggi lebih banyak (media pakan ayam dan media pakan ayam – limbah sayuran), jumlah betina berbeda secara nyata ($P < 0,05$) dibandingkan dengan media limbah sayuran. Sedangkan pada kelompok jantan, larva *H. illucens* yang ada pada media pakan ayam, pakan ayam – limbah sayuran, serta limbah sayuran – pakan ayam, ternyata jumlahnya berbeda tidak nyata ($P > 0,05$). Kemungkinan perbedaan proporsi jantan dan betina ini diasumsikan adanya perbedaan nutrisi dapat menyebabkan perbedaan tingkat kematian pada jantan dan betina (Quezada-Garcia, 2014).

5.7. Kandungan nutrisi dari larva dan prepupa *H. illucens*

Hasil analisa proksimat pada larva dan prepupa *H. illucens* menunjukkan kandungan nutrisi pada setiap perlakuan berbeda-beda. Hal ini dapat dilihat pada tabel di bawah ini. Secara umum larva *H. illucens* yang diberi pakan dengan kandungan protein tinggi seperti pakan ayam dan ampas tahu, ternyata kandungan protein larvanya juga tinggi.

Kandungan protein tertinggi yaitu pada perlakuan ampas tahu yang kemudian diganti dengan limbah buah-buahan. Sedangkan kandungan protein terendah yaitu pada perlakuan sayuran saja. Ternyata dengan penggantian pakan dari kandungan protein tinggi (limbah tahu dan pakan ayam) ke kandungan protein rendah (limbah buah dan sayuran) justru akan meningkatkan kandungan protein dan serta, serta menurunkan kandungan lemak bila dibandingkan dengan pemberian pakan ayam saja atau limbah tahu saja.

Tabel 5.3. Hasil proksimat pada larva *H. illucens* pada media pakan yang berbeda

No	Media yang digunakan	Air %	Abu %	Protein %	Serat %	Lemak %	BETN/Karbohidrat %	Energi Kkal/kg
1	Media pakan ayam	62,98	3,26	38,16	3,35	18,24	36,99	4065
2	Media ampas tahu	67,91	2,55	39,37	8,09	17,24	32,75	4490
3	Media buah-buahan	60,23	2,19	22,60	10,93	23,78	40,50	5701
4	Media limbah sayuran	81,35	3,39	19,31	8,19	14,06	55,05	5050
5	Media pakan ayam – limbah sayuran	46,51	4,06	34,22	6,70	20,51	34,51	5611
6	Media limbah sayuran – pakan ayam	80,84	3,51	31,97	6,85	15,00	42,67	5304
7	Media ampas tahu – limbah buah-buahan	59,66	2,74	39,59	3,90	28,67	25,10	4633
8	Media limbah buah-buahan – ampas tahu	56,95	2,92	28,69	6,20	23,79	38,40	5741

Tabel 5.4. Hasil proksimat pada prepupa *H. illucens* pada media pakan yang berbeda

No	Media yang digunakan	Air %	Abu %	Protein %	Serat %	Lemak %	BETN %	Energi Kkal/kg
1	Media pakan ayam	46,74	4,02	31,37	4,05	25,66	34,90	5832
2	Media ampas tahu	54,86	2,57	29,17	5,50	22,92	39,84	5712
3	Media limbah sayuran	46,18	5,54	26,56	4,03	23,67	40,20	41,87
4	Media limbah buah-buahan	52,01	2,25	28,59	5,24	25,29	38,63	4381
5	Media pakan ayam – limbah sayuran	52,75	4,83	42,28	5,12	22,90	24,87	4387
6	Media limbah sayuran – pakan ayam	55,92	2,77	28,24	3,69	15,37	49,93	3949
7	Media ampas tahu – limbah buah-buahan	41,87	3,27	37,22	5,03	20,97	33,51	5715
8	Media limbah buah-buahan – ampas tahu	58,65	2,43	41,02	3,55	27,65	25,35	4620

Dari hasil di atas dapat digunakan sebagai dasar untuk desain formulasi media yang tepat untuk pertumbuhan larva *H. illucens* dengan tujuan kandungan nutrisi tertentu. Formulasi ini bisa saja nanti akan dikombinasikan lagi dengan jenis limbah organik lainnya, sehingga akan menghasilkan formulasi yang lebih tepat dan dapat meningkatkan pengembangan produksi *H. illucens* khususnya pada skala kecil dan menengah. Selain itu juga hasil ini sebagai dasar pengembangan kombinasi dari beberapa limbah tertentu dapat menghasilkan larva dengan spesifikasi tertentu.

KESIMPULAN

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa komposisi nutrisi yang diberikan akan mempengaruhi pertumbuhan larva *H. illucens*. Media dengan kandungan protein dan lemak yang lebih tinggi akan menghasilkan pertumbuhan yang lebih cepat, berat yang relatif lebih tinggi serta jumlah betina yang lebih banyak daripada jantan.

REFERENSI

- AgriLASA., 2007. Agrilasa handbook of feeds and plant analysis-2nd ed. Agri. Laboratory Association of Southern Africa, Pretoria, SA.
- Akcan N. 2011. High level production of extracelullar α -Amilase from *Bacillus licheniformis* ATCC 12759 in submerged fermentation. *Romanian biotechnological letters*. 16 (6): 6833-6840.
- Bai S, Kumar MR, Kumar DJM, Balashanmugam P, Kumaran MDB and Kalaichelvan PT. 2012. Cellulase production by *Bacillus subtilis* isolated from cow dung. *Schieves of applied science research* 4(1): 269279.
- Cammack, J.A., Tomberlin, J.K. 2017. The impact of diet protein and carbohydrate on select life-history traits of the black soldier fly *Hermetia illucens* (L.) (Diptera: Stratiomyidae). *Insects* 8: 56.
- Choi, W., Yun, J., Chu, J. Chu, K., 2012. Antibacterial effect of extracts of *Hermetia illucens* (diptera: Stratiomyidae) larvae against gram-negative bacteria. *Entomol. Res.* 42(5): 219-226.
- Cotter, S. C., Simpson, S. J., Raubenheimer, D., & Wilson, K. (2010). Macronutrient Balance Mediates Trade Offs Between Immune Function and Life History Traits. *Journal Functional Ecology*, 1-13
- Demirkan, E. 2001. Production, purification and characterization of α -amylase by *Bacillus subtilis* and its mutant derivatives. *Turk journal biol* 35:705712
- Diener, S. C. Z. 2009. Conversion of Organic Material By Black Soldier Fly Larvae: Establishing Optimal Feeding Rates. London: SAGE.
- Duman, R, E dan Lowe, J. 2010. Crystal structures of *Bacillus subtilis* lon protease. *J Mol Biol.* 10, 10-16.
- Gobbi, P., Martinez-Sanchez, A., Rojo, S. 2013. The effects of larval diet on adult life-history traits of the black soldier fly, *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae). *Eur.J.Entomol.* 110(3): 461-468.
- Jeon, H., Park, S., Choi, J., Jeong, G., Lee, S., Choi, Y. Lee, S., 2011. The intestinal bacterial community in the food waste-reducing larvae of *Hermetia illucens*. *Curr. Microbiol.* 62(5): 1390-1399.
- Jucker, C., D. Erba, M. G. Leonardi, D. Lupi, S. Savoldelli. 2017. Assessment of vegetable and fruit substrates as potential rearing media for *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae) Larvae., *Environmental Entomology*, XX(X): 1-9.
- Kim, W., Bae, S., Kim, A., Park, K., Lee, S., Choi, Y., Han, S., Park, Y., Koh, Y. 2011. Biochemical characterization of digestive enzymes in the black soldier fly, *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae). *Journal of asia pacifik entomology*.14: 11-14.

- Kim, Y. K., Lee, S. H., Cho, Y. Y., Oh, H. J., Ko, Y. H. 2012. Isolation of cellulolytic *Bacillus subtilis* strains from agricultural environments. *International scholarly research network*. ISRN. ID 650563,9p.
- Li Q, Zheng L, Qiu N, Cai H, Tomberlin J, Yu Z. 2012. Bioconversion of dairy manure by black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae) for biodiesel and sugar production. *Waste Management*. 31:1316-1320.
- Ma, J., Zhang, Z., Wang, B., Kong, X., Wang, Y., Cao, S., Feng. 2006. Overexpression and Characterization of Lipase From *Bacillus subtilis*. *Protein Expression and Purification* 45: 22-29.
- Ma, J., Lei, Y., Rehman, K. ur, Yu, Z., Zhang, J., Li, W., Li, Q, Tomberlin JK., Zheng, L. 2018. Dynamic Effects of Initial pH of Substrate on Biological Growth and Metamorphosis of Black Soldier Fly (Diptera: Stratiomyidae). *Environmental Entomology*, 47(1), 159–165.
- Makkar H.P.S, Tran G, Heuze V, Ankers A. 2014. State of-the-art on use of insect as animal feed. *Animal feed science and technology*, 197: 1-33.
- Meneguz M, Gasco L, Tomberlin JK. 2018. Impact of pH and feeding system on black soldier fly (*Hermetia illucens*, L; Diptera: Stratiomyidae) larval development. *PLoS One* 13(8):e0202591.
- Myers, H.M., Tonberlin, J.K. Lambert, B.D., Kattles, D. 2008. Development of black soldier fly (diptera: stratiomyidae) larvae fed dairy manure. *Environment entomology*. 37: 11-15.
- Newton L, Sheppard C, Watson DW, Burtle G and Dove R, Using the Black Soldier Fly, *Hermetia illucens*, as a Value-added Tool for the Management of Swine Manure. [Online]. University of Georgia, Tifton (2005). Available: http://www.cals.ncsu.edu/waste_mgt/smithfield_projects/phase2report05/cd,web%20files/A2.pdf [20 Desember 2018].
- Nguyen T, Tomberlin J, Vanlaerhoven S. 2013. Influence of Resources on *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae) Larval Development. *Journal of Medical Entomology*. 50:898-906.
- Oonincx, D.G.A.B., van Broekhoven, S., van Huis, A., van Loon, J.J. 2015. Feed conversion, survival, and development, and composition of four insect species on diets composed of food by products. *Plos ONE* 10: e0144601.
- Pouderoyen, G, V., Eggert, T., jaeger, K, E., Dijkstra, B, W. 2001. The crystal structure of *Bacillus subtilis* lipase: a minimal α/β hydrolase fold enzyme. *J. mol. biol.* 309: 215-226.
- Putra, RE., Kinasih, I., Hadziqi, A.R., Gusmara, FF. 2015. Growth rate of Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) during bioconversion of restaurant waste. *Proceeding The First Conference on Life Science and Biotechnology Exploration and Conservation of Biodiversity*.
- Shaheb, M, S, A., Youris, M, A, M., Fezayen, F, F., Eldein, M, A, N. 2010. Production of cellulase in low-cost medium by *Bacillus subtilis* ko strain. *World applied sciences*

journal 8 (1): 35-42.

- Sheppard DC, Tomberlin JK, Joyce JA, Kiser BC, Sumner SM. 2002. Rearing methods for the black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae). *Journal of Medical Entomology* 39: 695-698.
- Singh, M, J., Surav, K., Srivastava, N., Kannabrian, K. 2010. Lipase production by *Bacillus subtilis* ocr-4 in solid fermentation using ground nut oil cakes as substrate. *Journal of biological science* 2 (4): 241-245.
- Sprangers, T., M. Ottoboni, C. Klootwijk, A. Olyn, S. Deboosere, B. De Meulenaer, J. Michiels, M. Eechout, P. De Clercq, S. De Smet. 2017. Nutritional composition of black soldier fly (*Hermetia illucens*) prepupae reared on different organic waste substrates. *J.Sci Food Agric.* 97:2594-2600.
- Tomberlin, J.K., Sheppard, D.C, Joyce, J.A. 2002. Selected life-history traits of black soldier flies (Diptera: Stratiomyidae) reared on three artificial diets. *Annals of the Entomology Society America* 95: 379-387.
- Tschirner, M., Simon, A. 2015. Influence of different growing substrates and processing on the nutrient composition of black soldier fly larvae destined for animal feed. *Journal of Insect and Food and Feed* 1(4): 249-259.
- Yin, L, J., Lin, H, H., Xiao, Z, R. 2010. Purification and characterization of a cellulase from *Bacillus subtilis* yj1. *Journal of marine science and technology.* 18 (3): 466-471.
- Yu, G., Cheng, P., Chen, Y., Li, Y., Yang, Z., Chen, Y., Tomberlin, J, K. 2011. Inoculating poultry manure with companion bacteria influences growth and development of black soldier fly (diptera: stratiomyidae) larvae. *Environmental Entomology*, 40(1): 30-35.
- Zarkani A, Miswanti. 2012. Teknik budi daya larva *Hermetia illucens* (Linnaeus) (Diptera: Stratiomyidae) sebagai sumber protein pakan ternak melalui biokonversi limbah loading ramp dari pabrik CPO. *Jurnal Entomologi Indonesia* 9 (2): 49-56.
- Zhang J, Huang L, He J, Tomberlin JK, Li J, Lei C, Sun M, Liu Z, Yu Z. 2010. An artificial light source influences mating and oviposition of black soldier flies, *Hermetia illucens*. *Journal of Insect Science* 10:202.

Lampiran

Foto- foto kegiatan saat penelitian



Pengamatan larva *H. illucens*



Lalat *H. illucens*



Prepupa *H. illucens*



Pupa *H. illucens*



Imago *H. illucens*



Gambar kandang pemeliharaan lalat *H. illucens*

Lampiran

Logbook

Penelitian : POTENSI LALAT *Hermetia illucens* SEBAGAI SUMBER PROTEIN DAN ENZIM BAGI BIOINDUSTRI

Tempat : Laboratorium Fisiologi Hewan dan Entomologi Jurusan Biologi
Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati Bandung

Tanggal	Kegiatan	Uraian	Catatan
Minggu ke-3 Agustus	Evaluasi desain dan operasional penelitian	<ul style="list-style-type: none">✓ Mengevaluasi desain penelitian✓ Merencanakan persiapan alat dan bahan-bahan yang diperlukan✓ Menentukan jadwal penelitian	
Minggu ke-4 Agustus	Persiapan alat dan bahan	<ul style="list-style-type: none">✓ Membeli: telur BSF, pakan ayam✓ Mengecek kembali alat-alat yang dibutuhkan untuk ekstraksi propolis (inkubator, erlenmeyer, wadah plastik, pH meter, digital callipper, dll)✓ Survei limbah buha-buahan dan sayuran✓ Survei limbah tahu	Survei limbah buah-buahan dan sayuran di pasar Ujung Berung dan Gede Bage Survei limbah ampas tahu di Andir, Ujung Berung
5 September	Uji awal	Pemeliharaan mulai dari telur	Pengamatan setiap 3 hari sekali

	Persiapan alat dan bahan	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Wadah plastik ✓ Pakan ayam ✓ Limbah ampas tahu, buah-buahan dan sayuran 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Langsung dipastikan limbah buah-buahan apa saja yang akan digunakan serta sayuran
7 September	✓ Pengamatan	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Menghitung mortalitas ✓ Mengukur panjang, lebar dan berat 	Pengamatan terus dilanjutkan setiap 3 atau 4 hari sekali
17 September	✓ Penggantian pakan	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Pada perlakuan protein tinggi ke protein rendah dilakukan penggantian pakan dari ampas tahu ke limbah buah-buahan ✓ Dan sebaliknya 	Terus dilanjutkan pengamatan
1 Oktober	✓ Evaluasi	✓ Evaluasi tahapan awal	Perlu segera dilakukan analisa data awal
	Mulai terdapat pupa	✓ Pupa yang ada dipisahkan	
	✓ Pengamatan larva terus dilakukan	Prepupa yang ada dipisahkan untuk analisa proksimat	Mulai dilakukan pengovenan untuk uji proksimat
8 Oktober	Persiapan mengawinkan lalat dewasa	Mempersiapkan kandang yang akan digunakan	Catatan: dicek kembali jumlah kandang yang tersedia
12 Oktober	✓ Menghitung jantan dan betina	✓ Menghitung jantan dan betina yang muncul pada setiap perlakuan	

	✓ Mengawinkan lalat dewasa	✓ Memasukkan 20 pasang lalat	Jika tidak mencukupi 20 pasang, dilanjutkan atau ditambahkan lalat dewasa yang muncul keesokan hari
15 Oktober	✓ Analisa proksimat		
17 Oktober	Mengamati jumlah telur	✓ Menghitung jumlah telur yang ada	
	✓ Telur diletakkan media	✓ Media yang digunakan pakan ayam	
18 Oktober	✓ Pengamatan telur	✓ Pengamatan telur terus dilakukan hingga tidak ada telur yang muncul atau dewasanya mati	
22 Oktober	✓ Mengamati fertilitas	✓ Mengamati dan menghitung jumlah telur yang menetas	
23 Oktober	Pengamatan fertilitas	✓ Pengamatan fertilitas terus dilakukan hingga tidak ada larva yang muncul	
	Pemeliharaan larva	✓ Larva yang muncul ditempatkan ke media pakan ayam	
	✓ Evaluasi	✓ Evaluasi hasil	Ada beberapa data yang harus ditambahkan parameternya
24 Oktober	Persiapan alat dan bahan untuk tambahan data	✓ Larva dari stok dimasukkan ke media sesuai perlakuan	
	Pengamatan fertilitas	✓ Masih terus dilakukan pengamatan fertilitas	
	✓	✓	
25 Oktober	Pengamatan dari stok yang baru	✓ Diamati sesuai dengan parameter yang ditentukan	

30 Oktober	Kompilasi data	✓ Memulai mengkompilasi data yang ada	Persiapan mengikuti seminar internasional
5-7 November	✓ Mengikuti seminar internasional	✓ Tempat Universitas Jendral Soedirman Purwokerto	
12 November	✓ Evaluasi	Evaluasi hasil akhir	Perlu dianalisa data
	✓ Persiapan publikasi	✓ Persiapan draft jurnal dan HKI	Mencari referensi yang terkait
19 November	✓ Pembuatan draft laporan	✓ Mencari referensi ✓ Menganalisa data	
20 November	✓ Pembuatan draft laporan keuangan	✓	
22 November	✓ Diskusi draft	✓ Draft laporan ✓ Draft publikasi ✓ Draft HKI	Pembahasan perlu ditambahkan
25 November	✓ Seminar progress penelitian	✓ Presentasi progress penelitian	Draft HKI perlu disubmit segera Jurnal perlu di submit segera Membuat Laporan akademik segera diperbaiki
2 Desember	✓ Pembuatan laporan keuangan	✓	Laporan keuangan sudah 90% selesai
10 Desember	✓ Hasil proksimat	✓ Mengolah data hasil proksimat	
15 Desember	✓ Draft laporan	✓ Penambahan tinjauan pustaka dan metode	
19 Desember	✓ Submit draft jurnal ke prosiding	✓	Submit

23 Desember	✓ Submit HKI	✓	
24 Desember	✓ Draft laporan keuangan	✓	Selesai
28 Desember	✓ Draft buku	✓	Selesai
2 Januari	✓ Draft laporan akademik	✓	Selesai

Lampiran

Sertifikat HKI

	
REPUBLIK INDONESIA KEMENTERIAN HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA	
SURAT PENCATATAN CIPTAAN	
Dalam rangka perlindungan ciptaan di bidang ilmu pengetahuan, seni dan sastra berdasarkan Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta, dengan ini menerangkan:	
Nomor dan tanggal permohonan	: EC00201860870, 27 Desember 2018
Pencipta	
Nama	: Yani Suryani, Ida Kinasih, , dkk
Alamat	: Jl. Pinus IV No. 17 Bumi Panyawangan RT/RW 004/023 Kel. Cimekar Kec. Cileunyi , Kab. Bandung, Jawa Barat, 40622
Kewarganegaraan	: Indonesia
Pemegang Hak Cipta	
Nama	: Yani Suryani, Ida Kinasih, , dkk
Alamat	: Jl. Pinus IV No. 17 Bumi Panyawangan RT/RW 004/023 Kel. Cimekar Kec. Cileunyi, Kab. Bandung, 8, 40622
Kewarganegaraan	: Indonesia
Jenis Ciptaan	: Karya Tulis (Artikel)
Judul Ciptaan	: PERKEMBANGAN DAN RASIO JANTAN BETINA <i>Hermetia illucens</i> YANG DIBERIKAN MEDIA DENGAN KANDUNGAN SERAT TINGGI
Tanggal dan tempat diumumkan untuk pertama kali di wilayah Indonesia atau di luar wilayah Indonesia	: 27 Desember 2018, di Bandung
Jangka waktu perlindungan	: Berlaku selama hidup Pencipta dan terus berlangsung selama 70 (tujuh puluh) tahun setelah Pencipta meninggal dunia, terhitung mulai tanggal 1 Januari tahun berikutnya.
Nomor pencatatan	: 000130299
adalah benar berdasarkan keterangan yang diberikan oleh Pemohon. Surat Pencatatan Hak Cipta atau produk Hak terkait ini sesuai dengan Pasal 72 Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta.	
	a.n. MENTERI HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA DIREKTUR JENDERAL KEKAYAAN INTELEKTUAL
	
	Dr. Freddy Harris, S.H., LL.M., ACCS. NIP. 196611181994031001

PERKEMBANGAN DAN RASIO JANTAN BETINA *Hermetia illucens* YANG DIBERIKAN MEDIA DENGAN KANDUNGAN SERAT TINGGI

Yani Suryani, Ida Kinasih*, Epa Paujiah, Tri Cahyanto, Ucu Julita

Jurusan Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sunan Gunung

Djati Bandung

Email korespondensi*: idakinasih@uinsgd.ac.id

Abstrak

Penelitian tentang *Hermetia illucens* sebelumnya masih banyak terfokus pada penggunaan satu jenis limbah organik tertentu saja. Akhir-akhir ini beberapa penelitian menunjukkan bahwa kombinasi dari beberapa limbah tertentu dapat menghasilkan larva dengan spesifikasi tertentu. Kecepatan pertumbuhan, biomasa panen yang diperoleh, kekayaan mikroorganisme dalam tubuh, dan kandungan senyawa pada tubuh larva sangat ditentukan oleh komposisi pakan yang diberikan saat masa pemeliharaan. Hal-hal tersebut juga merupakan faktor penting dalam pengembangan larva ini dalam level industri. Dalam penelitian ini dicoba menggunakan beberapa jenis media limbah organik serta dengan melakukan penggantian jenis media untuk pemeliharaan *H. illucens*. Media yang digunakan adalah limbah sayuran yang kaya akan serat kemudian diganti dengan media pakan ayam yang kaya akan protein, serta pakan ayam sebagai pembanding. Limbah sayuran yang digunakan adalah timun, pare, dan sawi putih. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kandungan nutrisi yang terdapat pada pakan yang diberikan ke larva *H. illucens* ternyata dapat mempengaruhi waktu perkembangan, bobot tubuh, rasio jantan dan betina, serta kandungan nutrisi pada larva dan prepupa. Waktu perkembangan tertinggi ditunjukkan pada media dengan kandungan protein dan lemak yang tinggi, sedangkan media dengan kandungan serat yang tinggi menghasilkan rasio jantan yang lebih tinggi dibandingkan dengan media lainnya.

Kata kunci: perkembangan, rasio jantan dan betina, *Hermetia illucens*, media tinggi protein, media tinggi serat

Pendahuluan

Salah satu permasalahan sampah yang masih menimbulkan permasalahan di masyarakat adalah limbah sayuran. Sampah sayuran mendominasi sebagian besar sampah buangan dari pasar, terutama pasar tradisional. Sampah yang tertumpuk dalam rentang waktu yang lama akan dapat membusuk yang menimbulkan bau dan menjadi sarang bagi hama. Sehingga diperlukan suatu cara pengelolaan sampah sehingga dapat dimanfaatkan kembali serta memiliki nilai ekonomi. Beberapa penelitian yang telah dilakukan untuk memanfaatkan sampah sayuran antara lain sebagai pupuk (Putri dan Kahar, 2011; Nurdini dkk., 2016), sebagai pakan cacing tanah (Rusad dkk., 2016), sebagai pakan ternak (Abun dkk., 2007; Superianto dkk., 2018).

Salah satu organisme yang dapat memanfaatkan kotoran dan sisa-sisa pakan untuk memenuhi nutrisinya yaitu serangga. Serangga merupakan organisme yang dapat berperan mengkonversi residu protein dan nutrisi lain menjadi biomassa tubuhnya. Berbagai jenis larva dari lalat (ordo Diptera) dan beberapa kumbang (ordo Coleoptera) memakan kotoran ternak. Perlunya pengembangan untuk memecahkan masalah kotoran ternak yang semakin lama menjadi masalah karena jumlahnya yang banyak, sehingga digunakan serangga yang berpotensi mengkonversi kotoran ternak.

Newton dkk. (2005), melaporkan ketika serangga menggunakan kotoran ternak sebagai sumber nutrisinya yang terjadi adalah penurunan zat yang berpotensi menjadi polutan sebanyak 50-60%, selain itu struktur dari kotoran ternak akan menjadi kering sehingga akan mengurangi baunya. Salah satu serangga yang memiliki kemampuan mengurangi volume kotoran ternak hingga 50% yaitu lalat rumah (*Musca domestica*). Bahkan laju perkembangan paling tinggi *M. domestica* ditemukan pada kotoran kuda dibandingkan dengan kotoran sapi dan ayam, walaupun nilai terendah juga ditemukan pada tingkat keberhasilan hidup larva, berat pupa, dan berat imago betina (Putra dkk., 2013).

Serangga lain dari ordo Diptera yang akhir-akhir ini mulai banyak dikembangkan di negara-negara Eropa karena berpotensi dapat mengkonversi kotoran untuk memenuhi nutrisinya yaitu *black soldier fly* (BSF) atau *Hermetia illucens*. Myres dkk. (2008), telah melakukan penelitian perkembangan larva *H. illucens* pada media kotoran manusia dan hasilnya massa kotoran dapat tereduksi sebesar 33-58%. Larva *H. illucens* dapat mengkonversi kotoran burung puyuh dan kotoran ayam menjadi biomassa tubuhnya yang mengandung >45% protein kasar dengan kandungan asam amino yang lengkap. Karena kandungan proteinnya yang cukup tinggi ini maggot *H. illucens* telah digunakan sebagai pakan ternak yang bernilai gizi tinggi pada ayam (Hale, 1973), babi (Diener dkk., 2009), tilapia, dan beberapa jenis ikan (Bondari dan Sheppard, 1981). *H. illucens* juga telah banyak digunakan untuk mengkonversi sampah sayuran (Tomberlin dkk., 2009; Diener dkk., 2009; Žáková, 2013). Menurut Žáková (2013), keuntungan penggunaan *H. illucens* sebagai pengolah limbah yaitu tidak adanya preferensi asal hewan atau sayuran substrat yang dikonsumsi.

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa kandungan nutrisi lemak dan kadar abu sangatlah bervariasi, tergantung jenis media yang diberikan (Spranghers dkk., 2017; Newton dkk., 2005). Selama ini pemeliharaan *H. illucens* umumnya dengan menggunakan satu jenis media atau beberapa jenis media yang dicampurkan terlebih dahulu. Penelitian yang dilakukan oleh Jucker dkk. (2017), menunjukkan komposisi media campuran antara buah dan

sayuran menunjukkan kandungan protein yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan media yang hanya terdiri dari satu jenis. Dalam penelitian ini dicoba menggunakan beberapa jenis media limbah organik serta dengan melakukan penggantian jenis media untuk pemeliharaan *H. illucens*. Media yang digunakan adalah limbah sayuran (timun, pare dan sawi putih) yang kaya akan serat kemudian diganti dengan media pakan ayam yang kaya akan protein. Hasil penelitian ini merupakan model awal untuk membuat komposisi media pemeliharaan *H. illucens* yang tepat sehingga akan diperoleh kandungan nutrisi yang diinginkan.

Bahan dan Metode

Telur *H. illucens* sebanyak 5 gram yang didapat dari Eawag Sidoarjo. Kemudian telur ditetaskan dengan cara meletakkannya di atas media pakan ayam yang sebelumnya dibasahi dengan air hingga lembab (sekitar 70 ml air per 100 gram pakan ayam) untuk mendapatkan kelembaban yang optimum bagi pertumbuhan larva. Sebagai bahan media pemeliharaan menggunakan tiga macam limbah sayur dengan jenis yang selalu sama yaitu timun, pare, dan sawi putih, yang kemudian dicampur dengan komposisi ketiganya seimbang. Sebagai pembanding atau kontrol menggunakan pakan ayam yang telah diketahui memiliki kandungan nutrisi yang tinggi terutama protein dan lemak.

Penelitian ini dilakukan secara eksperimental dengan perlakuan media sebagai berikut:

1. Pakan ayam sebagai kontrol positif,
2. Limbah sayuran sebagai kontrol negatif,
3. Pakan ayam kemudian diganti dengan limbah sayuran (pakan ayam – limbah sayuran),
4. Limbah sayuran kemudian diganti dengan pakan ayam (limbah sayuran – pakan ayam).

Media yang digunakan sebelumnya dilakukan analisis proksimat untuk mengetahui kandungan nutrisi yang diberikan (Tabel 1).

Tabel 1. Kandungan nutrisi dari media pakan yang digunakan pada saat penelitian

Media	Pakan ayam	Limbah sayur
Proksimat		
Air (%)	5,84	94,43
Abu (%)	7,64	11,80

Protein (%)	18,94	11,31
Serat Kasar (%)	3,49	15,73
Lemak Kasar (%)	7,37	2,87
Karbohidrat (%)	62,56	58,29
Energi Bruto (kkal/kg)	3095	2822

Berdasarkan berat kering

Pemeliharaan *H. illucens*

Telur yang telah ditetaskan di media pakan ayam kemudian dipelihara hingga usia 6-8 hari. Setelah itu kemudian dipindahkan ke media pakan sesuai dengan perlakuan yang diberikan. 100 ekor larva *H. illucens* diletakkan di sebuah wadah plastik yang telah berisikan media sebanyak 100 gram. Setiap perlakuan diulang sebanyak 5 kali sehingga akan terdapat 500 ekor larva *H. illucens* untuk setiap perlakuan. Media pakan yang diberikan diganti setiap 3 atau 4 hari sekali dengan media baru.

Pada perlakuan 3 dan 4 dilakukan dengan cara memberikan pakan pertama pada 10 hari pertama perlakuan (umur 15 hari), kemudian diganti medianya dengan jenis pakan kedua pada umur 16 hari hingga menjadi prepupa. Setelah prepupa maka dihentikan pemberian media pakan karena pada masa prepupa tidak melakukan aktifitas memakan lagi. Pemeliharaan *H. illucens* ini dilakukan di suhu ruangan.

Parameter Pengamatan

Pengamatan yang dilakukan yaitu tingkat pertumbuhan larva, kematian, berat larva, dan jumlah dewasa yang dihasilkan. Pengamatan dilakukan setiap tiga hari sekali bersamaan dengan penggantian media pakan.

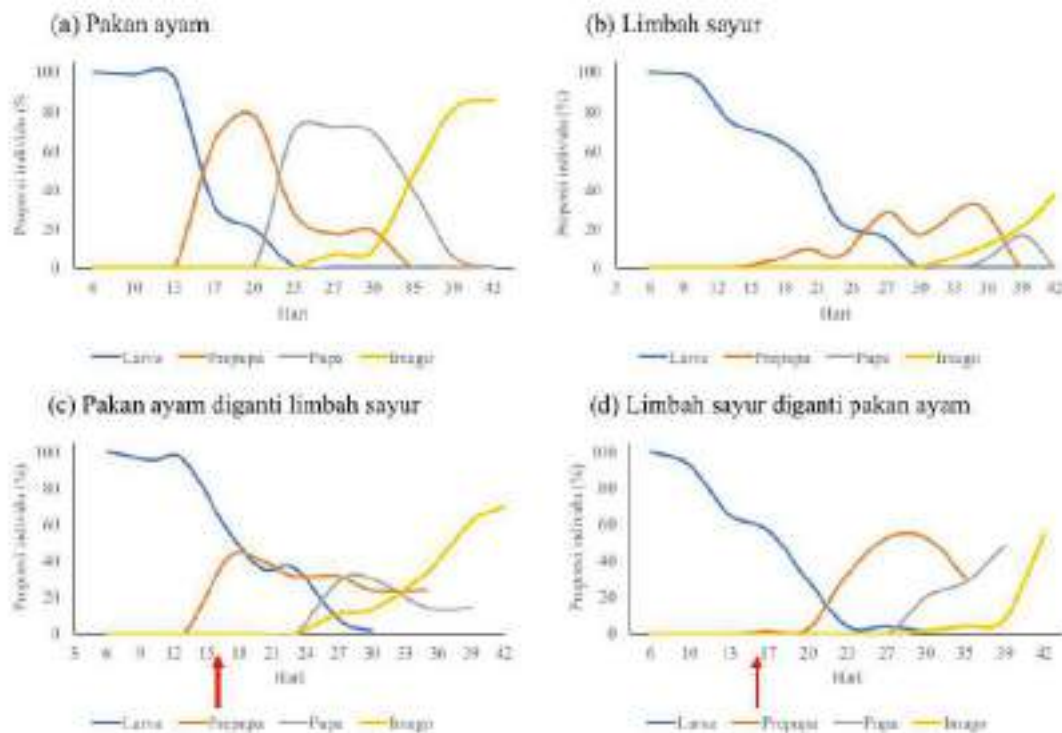
Analisis Data

Data biomassa yang diperoleh dianalisa dengan menggunakan One-way ANOVA. Post hoc Tukey juga dilakukan untuk melihat perbedaan signifikasinya pada taraf kepercayaan $P < 0.05$.

Hasil dan Pembahasan

Pertumbuhan larva

Hasil yang didapat dari penelitian ini yaitu pertumbuhan larva pada media pakan ayam menunjukkan pertumbuhan yang lebih cepat dibandingkan dengan perlakuan lainnya, begitu juga dengan larva yang terdapat pada media pakan ayam yang kemudian diganti dengan limbah sayur (Gambar 1).



Gambar 1. Proporsi individu *H. illucens* pada media pakan yang berbeda

Pada media pakan ayam dan perlakuan pakan ayam – limbah sayuran, menunjukkan munculnya prepupa pertama kali pada umur 17 hari. Sedangkan yang perlakuan limbah sayuran dan limbah sayuran – pakan ayam, prepupa muncul lebih lambat yaitu pada umur 20 hari. Pada tahap pupa dan imago ternyata pada perlakuan pemberian limbah sayuran perkembangan lebih lambat kurang lebih 5 – 7 hari dibandingkan dengan yang diberi pakan ayam.

Berat larva pada setiap media perlakuan menunjukkan hasil yang berbeda (Tabel 2). Pada perlakuan pakan ayam berat larva pada umumnya lebih tinggi dari media lainnya, kecuali pada umur 17 dan 20 hari yang lebih rendah dibandingkan dengan media limbah sayur – pakan ayam.

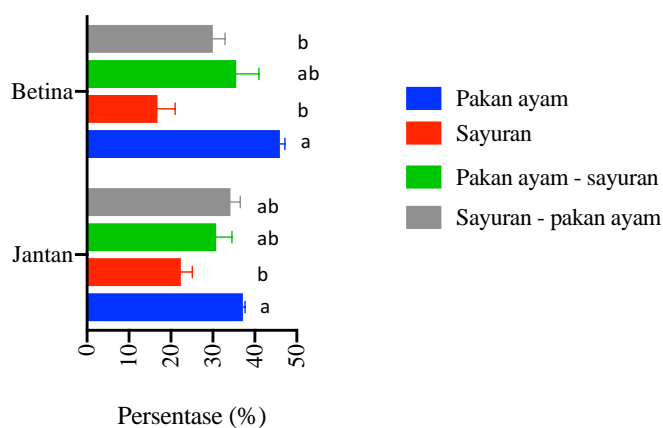
Tabel 2. Berat larva *H. illucens* pada setiap pengamatan pada media yang berbeda

Umur (hari)	Berat (mg/individu) \pm SE			
	Pakan ayam	Limbah sayur	Pakan ayam - limbah sayur	Limbah sayur - pakan ayam
6	0.022 \pm 0.001 a	0.022 \pm 0.001 a	0.015 \pm 0.001 b	0.024 \pm 0.002 a
10	0.19 \pm 0.006 a	0.099 \pm 0.004 b	0.186 \pm 0.005 a	0.088 \pm 0.003 b
13	0.256 \pm 0.006 a	0.121 \pm 0.003 b	0.25 \pm 0.007 a	0.125 \pm 0.004 b
17	0.169 \pm 0.004 a	0.148 \pm 0.003 b	0.169 \pm 0.005 a	0.182 \pm 0.005 a
20	0.161 \pm 0.003 a	0.15 \pm 0.005 a	0.159 \pm 0.005 a	0.181 \pm 0.005 b

Huruf yang berbeda pada baris yang sama menunjukkan hasil yang berbeda nyata pada taraf kepercayaan $P < 0,05$

Tabel 2 juga menunjukkan berat larva *H. illucens* yang diberi pakan limbah sayur menunjukkan berat yang paling kecil terutama di awal masa pertumbuhan (umur 10 hingga 17 hari). Sedangkan larva yang diberi perlakuan limbah sayur dan kemudian diganti dengan pakan ayam, ternyata beratnya lebih meningkat dari larva yang hanya diberi pakan limbah sayur saja terutama setelah diganti dengan pakan ayam yaitu pada umur 17 hari.

Jumlah individu yang menjadi imago paling tinggi pada perlakuan pakan ayam yaitu 85,8%, dan perlakuan pakan ayam – limbah sayuran sebesar 70,4%. Sedangkan yang terendah pada perlakuan limbah sayuran (37,2%) akan tetapi perlakuan limbah sayuran – pakan ayam menunjukkan jumlah imago yang lebih banyak yaitu 55.2%. Dari jumlah imago tersebut, komposisi jantan dan betina juga menunjukkan perbedaan untuk setiap media (Gambar 2).



Gambar 2. Persentase jantan dan betina pada beberapa media perlakuan

Media dengan kandungan protein dan lemak yang tinggi seperti pakan ayam, cenderung akan menghasilkan rasio betina yang lebih tinggi dibandingkan dengan jantan. Sedangkan media limbah sayuran, yang mengandung serat dan air yang lebih tinggi dibandingkan pakan ayam, cenderung menghasilkan rasio jantan yang lebih tinggi dibandingkan dengan betina. Hasil

ANOVA juga menunjukkan pada betina, larva *H. illucens* yang diberikan pakan berprotein dan lemak tinggi lebih banyak (media pakan ayam dan media pakan ayam – limbah sayuran), jumlah betina berbeda secara nyata ($P < 0,05$) dibandingkan dengan media limbah sayuran. Sedangkan pada kelompok jantan, larva *H. illucens* yang ada pada media pakan ayam, pakan ayam – limbah sayuran, serta limbah sayuran – pakan ayam, ternyata jumlahnya berbeda tidak nyata ($P > 0,05$).

Kesimpulan

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa komposisi nutrisi yang diberikan akan mempengaruhi pertumbuhan larva *H. illucens*. Media dengan kandungan protein dan lemak yang lebih tinggi akan menghasilkan pertumbuhan yang lebih cepat, berat yang relatif lebih tinggi serta jumlah betina yang lebih banyak daripada jantan.

Acknowledgment

Penelitian ini didanai oleh Bantuan Penelitian Kementerian Pendidikan Tinggi Kementerian Agama tahun 2018 pada penulis.

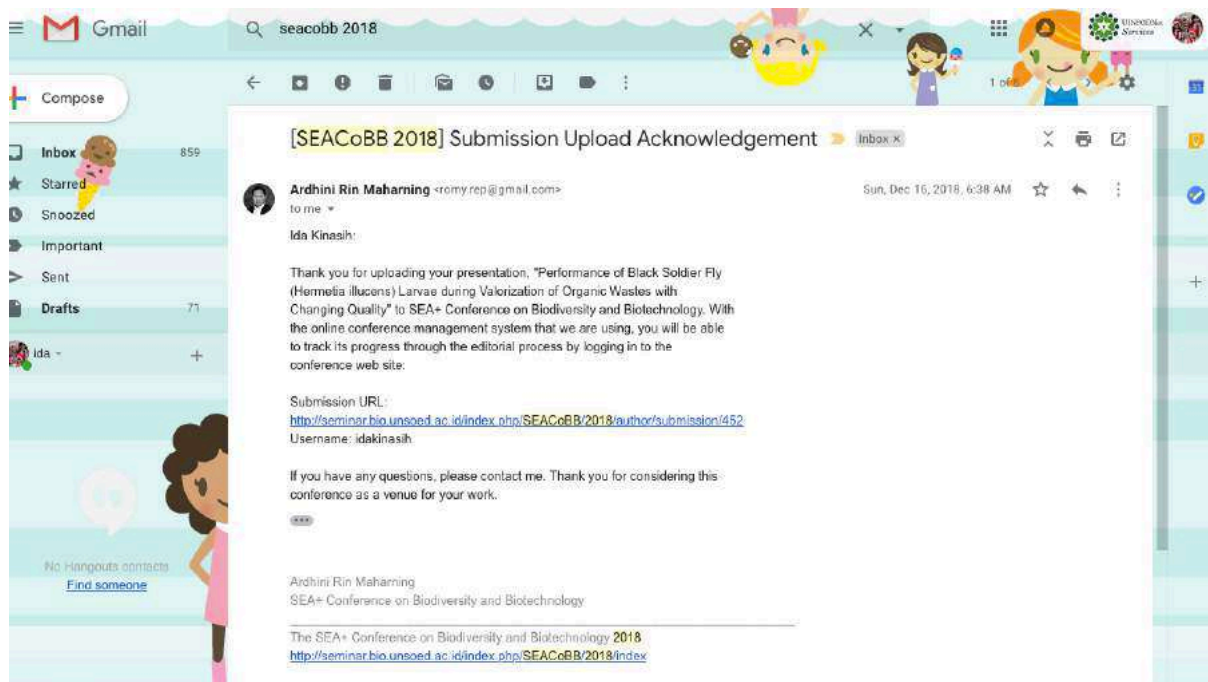
Daftar Pustaka

- Abun, D. Rusmana, D. Saefulhadjar. 2007. Efek pengolahan limbah sayuran secara mekanis terhadap nilai pencernaan pada ayam kampung super JJ-101. *Jurnal Ilmu Ternak*, Vol. 7 (2): 81-86.
- Diener S., C. Zurbrugg, dan K. Tockner. 2009. Conversion of organic material by black soldier fly larvae: establishing optimal feeding rates. *Waste Manag Res.* 27:603–610.
- Bondari, K. dan D. C. Sheppard. 1981. Soldier fly larvae as feed in commercial fish production. *Aquaculture*. 24:103–109.
- Jucker, C., D. Erba, M. G. Leonardi, D. Lupi, S. SAvoldelli. 2017. Assessment of vegetable and fruit substrates as potential rearing media for *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae) Larvae., *Environmental Entomology*, XX(X): 1-9.
- Myers H.M., J. K. Tomberlin, B. D. Lambert, dan D. Kattes. 2008. Developmnet of black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae) larva fed dairy manure. *Environ Entomol.* 37(1):11–5.
- Newton L, Sheppard C, Watson DW, Burtle G and Dove R, Using the Black Soldier Fly, *Hermetia illucens*, as a Value-added Tool for the Management of Swine Manure. [Online]. University of Georgia, Tifton (2005). Available:

- http://www.cals.ncsu.edu/waste_mgt/smithfield_projects/phase2report05/cd,web%20files/A2.pdf [20 Desember 2018].
- Nurdini, L., R. D. Amanah, A. N. Utami. 2016. Pengolahan limbah sayur kol menjadi pupuk kompos dengan metode Takakura. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia “Kejuangan” Pengembangan Teknologi Kimia untuk Pengolahan Sumber Daya Alam Indonesia*, Yogyakarta, 17 Maret 2016.
- Putra, R. E., A. Rosyad, I. Kinasih. 2013. Pertumbuhan dan perkembangan larva *Musca domestica* Linnaeus (Diptera: Muscidae) dalam beberapa jenis kotoran ternak. *J. Entomol. Indon.* 10(1): 31-38
- Putri, N. P. dan A. Kahar. 2011. Pemanfaatan sampah sayuran hijau dan limbah cair urea sebagai pupuk cair. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Fakultas Teknik Universitas Mulawarman II 2011*.
- Rusad, R. E., S. Santosa, Z. Hasyim. 2016. Pemanfaatan limbah sayuran kubis *Brassica oleracea* dan buah pepaya *Carica papaya* sebagai pakan cacing tanah *Lumbricus rubellus*. *Jurnal Biologi Makassar*, Vol. 1 (1): 8-15.
- Sprangers, T., M. Ottoboni, C. Klootwijk, A. Olyn, S. Deboosere, B. De Meulenaer, J. Michiels, M. Eechout, P. De Clercq, S. De Smet. 2017. Nutritional composition of black soldier fly (*Hermetia illucens*) prepupae reared on different organic waste substrates. *J.Sci Food Agric.* 97:2594-2600.
- Superianto, S., A. E. Harahap, A. Ali. 2018. Nilai nutrisi silase limbah sayur kol dengan penambahan dedak padi dan lama fermentasi yang berbeda. *Jurnal Sains Peternakan Indonesia*, Vol. 13 (2): 172-181.
- Tomberlin J.K., P.H. Adler, H.M. Myers. 2009. Development of the Black Soldier Fly (Diptera: Stratiomyidae) in relation to temperature. *Environmental Entomol.* 38:930–934.
- Žáková, M., dan M. Borkovcová. 2013. *Hermetia illucens* application in management of selected types of organic waste. In *Proceedings in EIIC-The 2nd Electronic International Interdisciplinary Conference (No. 1)*.

Lampiran

Submit jurnal ke Prosiding IOP pada SEA and Conference on Biodiversity and Biotechnology, terindeks Scopus



Performance of Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) Larvae during valorization of organic wastes with changing quality

I Kinasih¹, Y Suryani¹, E Paujjiah¹, T Cahyanto¹, RA Ulfa¹, and RE Putra²

¹Department of Biology, Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati Bandung, Bandung, 40164, Indonesia

²Department of Biology Education, Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati Bandung, Bandung, 40164, Indonesia

³Agricultural Engineering Study Program, School of Life Sciences and Technology, Institut Teknologi Bandung, Bandung, 40132, Indonesia

E-mail: idakinasih@uinsgd.ac.id

Abstract. Organic wastes are one of major problem in many cities. Common treatment for the wastes usually by sanitary landfill, composting or burning. However, in many cities of developing countries lack of effort to collect, separate, and transform organic waste lead to increasing pile of organic wastes and cost of treatment. Bioconversion of organic wastes by larvae of black soldier fly larvae (BSFL) (*Hermetia illucens*) into versatile prepupae could be considered as solution for this problem as this processs give economic value to organic wastes. Studies in Indonesia showed the high potency of this insect to be apply for managing organic wastes. However, most of study only focussed on one type of wastes which is only available from standardize industrial system not municipal system and small industries which are main organic producer in Indonesia. In this study, BSFL was fed only one types of organic wastes showed shorter development period. Changes in feedstock quality from low protein to high protein material generally produced lower survival rate and weight with longer development period. The result indicated the importance of the nutrition content early period feedstock in order to produce high quality larvae and more sustainable organic waste management.

1. Introduction

One of main challenge caused by increasing of human population is the increasing amount of waste generated through economic activities. It has been estimated that by 2025, total number of world population live in the cities will be double from 49% of total population recorded at 2000 [1]. Among wastes produced by human Study by FAO showed an estimation of 1.6 Gtonnes of food wastes produced worldwide in 2007 from production to consumption [2]. These piles of wastes are taking up space in landfills, common way to manage the wastes, while may hasten the spread of pathogens, produce noxious odors, and significantly contribute to global CO₂ production [2]. Various methods already conducted by researchers to reduce the amount of organic wastes send to landfills. One of the method by applying biological agent to process organic wastes, such as the black soldier fly (*Hermetia illucens*). This wasp-like fly, which originated from new world, almost found at every part of the world [3][4] which has great ability to utilize various types of organic wastes ranging from cellulose rich rice husk [5] and cassava peel [6] to soft material like bananas [7] and tofu dreg [8] also from food waste [9][10][11][12] to livestock [13][14][15] and human feces [16][17].

Recently, due to its nature as decomposer and ability to be mass produce in small space and low cost [18][19], this species has been applied as possible agent to recycling nutrients available in organic wastes [20][21][22]. Studies showed the biomass produced through digestion of organic waste rich in protein and fat [19] which can be applied as alternative material for production of feed for the aquaculture [23][24][25], livestock [26], poultry [27][28], industrial material like biodiesel and sugar [29] even future human food [30].

However, one of the challenge applying this species as industrial material is the nutritionally heterogeneous nature of organic wastes in space and time [31]. Studies on insects, especially in herbivorous insects, showed the the impact of variation in nutrient content of their food to life-history and fitness and could become the selective force for insect population [32][33][34].

In this study we simulated the change of nutritional condition of feeding material of black soldier fly larvae during their development period and observed the impact to some life history and fitness traits.

2. Methods

2.1. Insect

The black soldier larvae used in this study were originated from colony established in May 2017 from a laboratory of Laboratorium Entomologi Universitas Islam Negeri Bandung. Larvae were kept inside laboratorium with 12 L : 12 D photoperiod, average temperature 18-26°C, and relative humidity 67-80%.

2.2. Feeding regimes

Larvae were divided into 5 groups, namely (1) group A as control group in which larvae were fed with commercial chicken feed, (2) group B in which larvae were fed with tofu dreg, (3) group C in which larve were fed with fruit wastes, (4) group D in which larvae were fed with tofu dreg at beginning then replaced with fruit wastes, (5) group E in which larvae were fed with fruit wastes at beginning then replaced with tofu dreg. Fruit wastes used in this study was combination of papaya, mango, banana, and avocado.

2.3. Research procedure

In this study, one hundred, 6-days-old, black soldier fly larvae (BSFL) were used for each feeding groups and replicated 5 times. Larvae were kept inside plastic box which already filled with 100 gram feeding material. Feeding materials were replaced with fresh material every 3 days. As for group D and E, replacement of types of feeding material was conducted 8 days after first fed.

During course of study, survival rate and weight were measured every 3 days (at same period of feeding replacement). In the end of study sex ratio of adult flies were observed. Observation was conducted until more than 50% of larve metamorph into prepupae.

2.4. Data analysis

Difference on the larvae weight among groups was analyzed by One Way ANOVA with confidence level of 95%. Analysis was conducted by PRISM 8.

3. Results

3.1. Growth period

Black soldier fly undergo complete metamorphosis from larvae to imago. This study showed faster development time in control group (group A) and group D as the larve spend less time to reach imago. On the other hand, group C spend longest time to reach imago (Fig. 1)

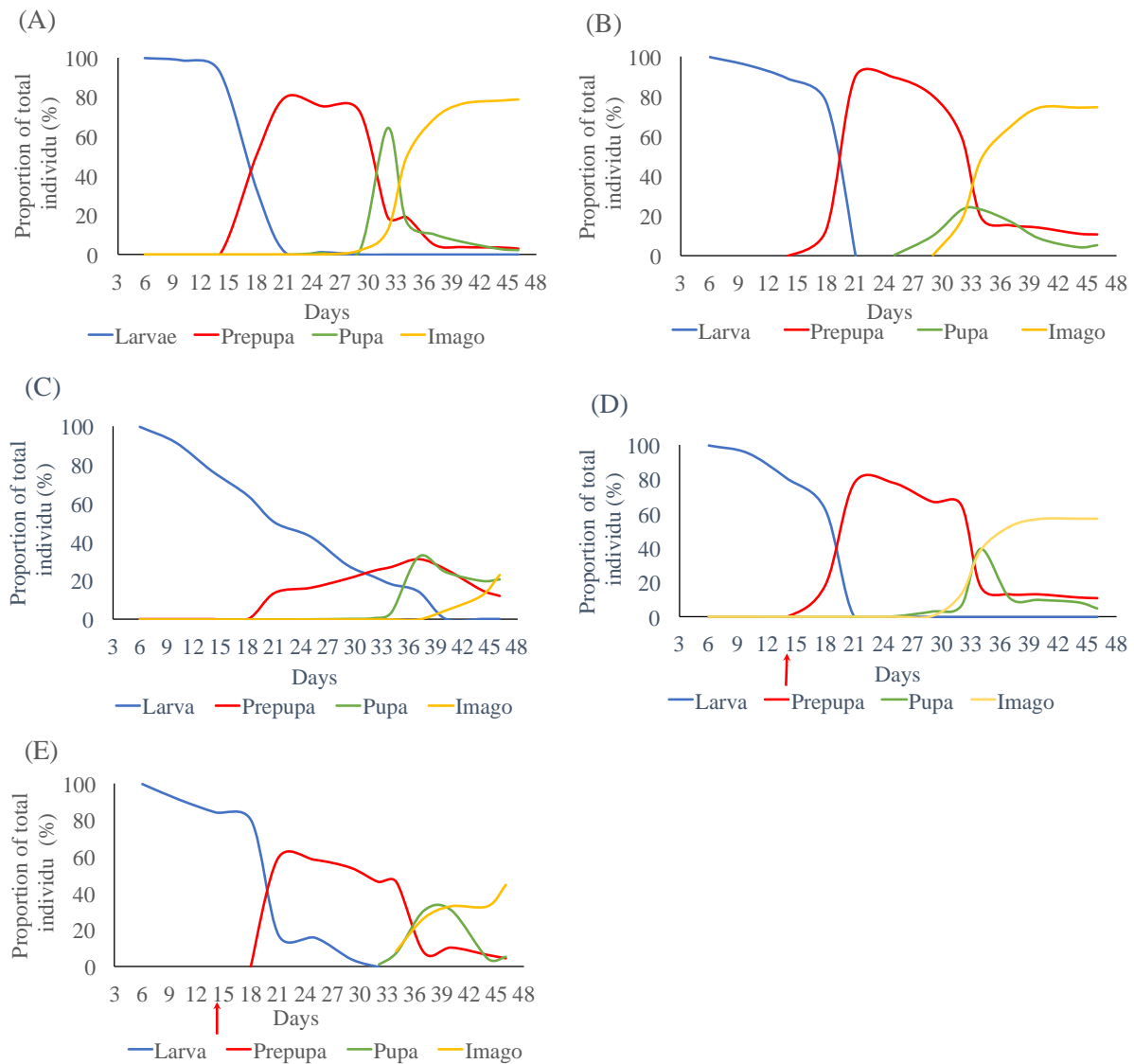


Figure 1 Development pattern of black soldier fly larve fed with various feeding material. Red arrow showed the time when feeding regime was replaced.

3.2. Body Weight

Larvae fed with chicken feed and tofu dreg followed with fruit waste had significantly higher final weight than other groups (Table 1). On the other hand, larvae fed with fruit waste followed by tofu dreg had the lowest final weight.

Table 1. Weight of larvae

Age (days)	Chicken feed	Tofu dreg	Fruit waste	Tofu dreg - fruit waste	Fruit waste - tofu dreg
6	0.015 ± 0.001 a	0.014 ± 0.001 a	0.016 ± 0.001 a	0.015 ± 0.001 a	0.015 ± 0.001 a
10	0.143 ± 0.003 a	0.163 ± 0.009 b	0.087 ± 0.004 c	0.053 ± 0.001 d	0.044 ± 0.002 d
13	0.16 ± 0.003 a	0.11 ± 0.003 b	0.08 ± 0.003 c	0.087 ± 0.002 cd	0.059 ± 0.002 e

	7		4		6				
17	0.16 3	± 0.005 a	0.12 9	± 0.003 b	0.12 4	± 0.003 b	0.178	± 0.064 a	0.104 ± 0.003 c

Different letter showed a significant value based on One Way Anova and Tukey test at confidence level of 95%.

3.3. Sex Ratio

In general, significantly more female produced in group A and B while more male produced in group C and E. On the other hand, group D produced more balance proportion of adult male and female (Fig. 2).

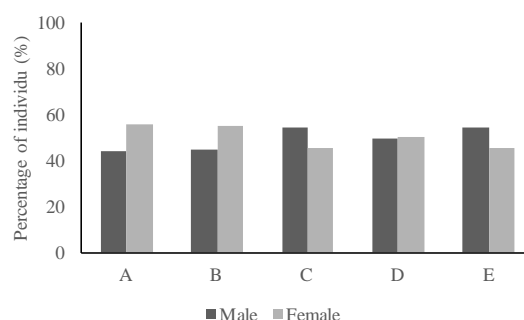


Figure 2 Sex ratio of black soldier fly imago

4. Discussion

4.1. Effect of feeding regime with development time

Studies showed the effect of diet to development time on black soldier fly larvae [11][13][14][35][36]. Larvae group fed on high protein material at early period (group A, B, and D) showed shorter development time. This result agreed with some previous study [37][38]. Longer development time of larvae fed on fruit waste may related to the lower energy and imbalance on protein, and fat content which are necessary for many developmental process in insect larvae [14][39][40][41][42][43][44].

This study also showed the importance of early consumption of high protein by larvae which may related to fast growth strategy commonly used by insect larvae when balanced nutrient are available to be consumed [45].

4.2. Effect of feeding regime to weight

Larvae fed with high protein material at early stage of their development showed highest body weight. It seems that combination of tofu dreg and fruit waste provided much balanced nutrient than other feeding regime. Studies in insect herbivores showed the importance of micronutrient, especially amino acid to growth [40]. Fruit waste at the last stage of development might provide more energy through non structural carbohydrate (starch and sugar) which supplied by fruit wastes. Larvae converted this carbohydrate into lipids and stored in the fat body [46]. Some studies also showed the ability of *H. illucens* to use fruit wastes as sources for lipid production [42][47][48].

4.3. Effect of feeding regime to sex ratio

Result of this study agreed with previous studies showed more female biased sex ratio while larvae fed on high protein content diets [41][49][50]. On the other hand, more balanced nutrient more likely to produce 1:1 or slightly male-biased sex ratio [51][52]. Although possibility of nutritional variability may produce difference on the mortality between sexes [53], further studies are needed to conduct to gain more understanding on the mechanism of sex ratio in this species.

5. Conclusion

It was concluded that *H. illucens* are able to convert diets with changing nutrient content into biomass that can be used as animal feed. Early protein consumption seems to be the key factor for development and growth of larvae. This strategy can be used for production of black soldier fly larvae at regions with high variation of available diets for larvae.

Acknowledgement

This study was partly funded by grant of Bantuan Peningkatan Mutu Penelitian Terapan DIKTIS Kemenag tahun 2018 granted to corresponding author and P3MI granted to last author.

References

- [1] Hoornweg D *et al* 2013 *Nature* **502** 615–617.
- [2] Food Wastage Footprint 2013 *Impacts on Natural Resources. Summary Report*. Food and Agriculture Organization of the United Nations: Rome, Italy; p. 63.
- [3] Stone A *et al* 1965 *A catalog of the diptera of America north of Mexico* (U.S. Government Printing Office, Washington DC, USA).
- [4] Callan EM 1974 *Entomol. Mon. Mag.* **109** 232–234.
- [5] Manurung R *et al* 2016 *J. Entomol. Zool. Stud.* **4(4)** 1036-1041.
- [6] Supriyatna A *et al* 2016 *J. Entomol. Zool. Stud.* **4(6)** 161-165.
- [7] Stephen CS 1975 *Trop. Agric.* **52** 173–178.
- [8] Kinasih I *et al* 2018 *HAYATI J. Biosci.* **25(2)** 79-84.
- [9] Diener S *et al* 2011 *Waste Biomass Valori.* **2** 357–363.
- [10] Nguyen TTX *et al* 2015 *Environ. Entomol.* **44** 406–410.
- [11] Ooninck DGAB *et al* 2015 *Plos One* **10** e0144601
- [12] Permana *et al* 2018 *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* **187** 012070
- [13] Myers HM *et al* 2008 *Environ. Entomol.* **37** 11–15.
- [14] Ooninck DGAB *et al* 2015 *J. Insects Food Feed* **1** 131–139.
- [15] Fatchurochim S *et al* 1989 *J. Entomol. Sci.* **24** 224–231.
- [16] Banks IJ *et al* 2014 *Trop. Med. Int. Health* **19** 14–22.
- [17] Lalander C *et al* 2013 *Sci. Total Environ.* **1** 458-460.
- [18] Sheppard DC *et al* 2002 *J. Med. Entomol.* **39** 695–698.
- [19] Diener S *et al* 2009 *Waste Manage. Res.* **27** 603-610.
- [20] Lardé G 1990 *Biol. Wastes* **33** 307-310
- [21] Sheppard DC *et al* 1994 *Bioresour Technol.* **50** 275-279.
- [22] Li Q *et al* 2011 *Fuel* **90** 1545-1548.
- [23] Bondari K *et al* 1987 *Aquacult. Fish. Manag.* **18** 209-220.
- [24] St-Hilaire S *et al* 2007 *J. World Aquacult. Soc.* **38** 59-67.
- [25] Magalhaes R *et al* 2017 *Aquaculture* **476** 79-85.
- [26] Newton GL *et al* 1977 *J. Anim. Sci.* **44** 395-400.
- [27] Schiavone *et al* 2017 *Italian J. Anim. Sci.* **16** 93-100
- [28] Moula N *et al* 2018 *Anim. Nutr.* **4** 73-78.
- [29] Li *et al* 2013 *Acta Astronautica* **92** 103-109.
- [30] Ooninck DGAB and de Boer IJM 2012 *PLoS ONE* **7(12)** e51145
- [31] Deans CA *et al* 2015 *J. Insect Physiol.* **81** 21–27.
- [32] Simpson SJ and Abisgold JD 1985 *Physiol. Entomol.* **10** 443-452.
- [33] Raubenheimer D and Simpson SJ 2003 *J. Exp. Biol.* **206** 1669-1681.
- [34] Joern A *et al* 2012 *Ecology* **93** 1002-1015.
- [35] Furman DP *et al* 1959 *J. Econ. Entomol.* **52** 917-921.
- [36] Diener S 2009 *Waste Manage. Res.* **27** 603-610.
- [37] Nguyen TTX *et al* 2013 *J. Med. Entomol.* **50** 898–906.
- [38] Cammack JA and Tomberlin JK 2017 *Insects* **8** 56.
- [39] de Haas EM *et al* 2006 *J Anim. Ecol.* **75** 148–155.

- [40] Lee KP 2007 *J. Exp. Biol.* **210** 3236-3244.
- [41] Gobbi P *et al* 2013 *Eur. J. Entomol.* **110** 461-468.
- [42] Jucker C *et al* 2017 *Environ. Entomol.* **46(6)** 1415-1423.
- [43] Gligorescu A *et al* 2018 *J. Insect Food Feed* **4(2)** 123-133.
- [44] Yasar B and Cirik T 2018 *J Nat App. Sci.* **22(Special Issue)** 392-398
- [45] Scriber JM and Slansky JrF 1981 *Annu. Rev. Entomol.* **26** 183-211.
- [46] Arrese EL and Soulages JL 2010 *Annu. Rev. Entomol.* **55** 207-225.
- [47] Leong SY *et al* 2015 JESTEC **Special Issue on ACEE 2015 Conference August** 52-63.
- [48] Meneguz M 2018 *J. Sci. Food Agric.* **98(15)** 5776-5784.
- [49] Tomberlin JK *et al* 2002 *Ann. Entomol Soc. Am.* **95** 379-387.
- [50] Zarkani A and Miswati 2012 *J Entomol Indo.* **9** 49-56.
- [51] Ma J *et al* 2018 *Environ. Entomol.* **47(1)** 159-165.
- [52] Meneguz M 2018 *PLos ONE* **13(8)** e0202591
- [53] Quezada-García R *et al* 2014 *Can. Entomol.* **146(2)** 219-223.